

Diseño de una guitarra eléctrica modular con conectividad para Smartphone y altavoz integrado

Grado en Ingeniería en Diseño
Industrial y Desarrollo de
Productos.

Universitat Jaume I

DI1048: Trabajo de Final de
Grado

Marc Pedra Serret

Tutor: Jaume Gual Ortí
Febrero 2020



MEMORIA:

Página 8

ANEXOS:

Página 60

PLANOS:

Página 80

**PRESUPUESTO Y ESTADO DE
MEDICIONES:**

Página 106

PLIEGO DE CONDICIONES:

Página 122

Índice General

MEMORIA

1. Objeto	12
2. Alcance	12
3. Antecedentes	12
3.1. Partes de la guitarra	13
3.2. Datos históricos	13
3.3. Diseños contemporáneos	17
3.4. Patentes	20
4. Normas y referencias	23
4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas	23
4.2. Bibliografía	25
4.3. Programas utilizados	27
4.4. Plan de gestión de la calidad	27
5. Definiciones y abreviaturas	27
5.1. Definiciones	27
5.2. Abreviaturas	28
6. Requisitos de diseño	28
6.1. Establecer objetivos de diseño	30
6.2. Elaborar un listado de especificaciones	31
7. Análisis de soluciones	32
7.1. Alternativa 1	32
7.2. Alternativa 2	34
7.3. Alternativa 3	36
8. Resultados finales	38
8.1. Descripción general del conjunto	39
8.2. Descripción detallada	39
8.2.1. Componentes fabricados	39
8.2.2. Componentes comerciales	45
8.3. Características y materiales	50
8.4. Descripción de los procesos de fabricación	51
8.5. Descripción del montaje	53
8.6. Embalaje; imagen corporativa	55

8.7. Plan de explotación, venta y distribución, estudio económico; rentabilidad.....	56
9. Planificación:.....	57
10. Orden de prioridad entre los documentos básicos.....	57

ANEXOS

Anexo I	64
Anexo II: Metodología DATUM.....	65
Anexo III: Normativa gestión de calidad	66
Anexo IV: Diferencias entre tipos de pastillas.	67
Anexo V: Estudio ergonómico	69
Anexo VI: Estudio eléctrico.	71
Anexo VI: Encuesta de las necesidades del cliente	72
Anexo VII: Diagrama de Gantt	77

PLANOS

Ensamblaje	84
Plano 1	86
Plano 2	88
Plano 3	90
Plano 4	92
Plano 5	94
Plano 6	96
Plano 7	98
Plano 8	100
Plano 9	102

PRESUPUESTO Y ESTADO DE MEDICIONES

1. Estado de mediciones.....	110
1.1. Piezas que conforman el producto.....	110
1.1.1. Piezas diseñadas y fabricadas específicamente.	110
1.1.2. Piezas adquiridas a un proveedor externo.	111
1.2. Cálculo del peso	111
1.3. Tiempo teórico del ensamblaje	112
1.4 Tiempo de fabricación	114

1.4.1. Tiempo de fresado	114
1.4.2. Tiempo de inyección	114
1.4.3. Operaciones de acabado	115
2. Presupuesto.....	115
2.1. Coste de las piezas:	115
2.1.1. Coste de las piezas de fabricación propia:	115
2.2. Coste de las piezas compradas	117
2.4. Costes procesos y montajes	117
2.3.1. Mano de obra directa	117
2.3.2. Gastos de taller	119
2.3.3. Costes indirectos.....	120
2.3.4. Coste industrial	120
2.3.5. Distribución y marketing	120
2.3.6. Precio de venta al público	120
2.3.7. Precio de venta al público con IVA.....	120
2.3.7. Precio de venta al público con IVA.....	120

PLIEGO DE CONDICIONES

1. Identificación y objeto del proyecto	125
2. Proveedores	125
3. Descripción de materiales y acabados.....	129
3.1. Madera de fresno	129
3.2. Madera de arce americano	130
3.3. PMMA:	131
3.4. ABS	132
3.5. Richlite	133
5. Descripción de maquinaria y procesos	134
5.1. Maquinaria.....	134
5.2. Procesos	137
5.2.1. Inyección de Plásticos:.....	137
5.2.2. Soldadura de plásticos mediante herramienta caliente:.....	138

MEMORIA

Índice

1. Objeto	12
2. Alcance	12
3. Antecedentes	12
3.1. Partes de la guitarra	13
3.2. Datos históricos	13
3.3. Diseños contemporáneos	17
3.4. Patentes	20
4. Normas y referencias	23
4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas	23
4.2. Bibliografía	25
4.3. Programas utilizados	27
4.4. Plan de gestión de la calidad	27
5. Definiciones y abreviaturas	27
5.1. Definiciones	27
5.2. Abreviaturas	28
6. Requisitos de diseño	28
6.1. Establecer objetivos de diseño	30
6.2. Elaborar un listado de especificaciones	31
7. Análisis de soluciones	32
7.1. Alternativa 1	32
7.2. Alternativa 2	34
7.3. Alternativa 3	36
8. Resultados finales	38
8.1. Descripción general del conjunto	39
8.2. Descripción detallada	39
8.2.1. Componentes fabricados	39
8.2.2. Componentes comerciales	45
8.3. Características y materiales	50
8.4. Descripción de los procesos de fabricación	51
8.5. Descripción del montaje	53
8.6. Embalaje; imagen corporativa	55
8.7. Plan de explotación, venta y distribución, estudio económico; rentabilidad	56
9. Planificación:	57
10. Orden de prioridad entre los documentos básicos:	57

1. Objeto

Este proyecto tiene por objeto el diseño de una guitarra eléctrica modular con conectividad para Smartphone y altavoz integrado para la fabricación, distribución y venta durante un periodo mínimo de 5 años.

El proyecto surge de la necesidad de introducir en el mercado un modelo de guitarra que se adapte a las nuevas tecnologías y métodos de producción con el fin de crear una gama media fiable, duradera, atractiva y, sobre todo, accesible para las personas que se inician en el ámbito de la guitarra eléctrica y aún no tienen unas preferencias muy marcadas. Se aprovechará la potencia de los Smartphones actuales, que les permite que actuar como amplificador e incluso como estudio de sonido.

Se hará uso de la conectividad Bluetooth con Smartphones con el fin de usarlos como herramienta de amplificación, modulación y grabación de audio.

2. Alcance

El planteamiento de proyecto abarca desde el diseño conceptual del producto hasta su producción. No se entrará en el diseño de componentes electrónicos como pastillas, potenciómetros, condensadores, etc. Tampoco se entrará en el diseño interior de componentes mecánicos estándar como el puente o las clavijas afinadoras. También se tendrá en cuenta la imagen de marca del producto creado, es decir, el diseño gráfico y embalaje del producto.

La documentación necesaria que se usará para llevar a cabo el proyecto será la siguiente:

- Una memoria del proceso de desarrollo
- Los planos del producto necesarios para la fabricación del producto
- El pliego de condiciones
- El presupuesto y el estado de mediciones.

3. Antecedentes

Existe numerosa documentación sobre el mundo de la guitarra tanto clásica como eléctrica, ya que es un instrumento que forma parte de innumerables culturas desde hace milenios. No obstante, nosotros nos centraremos en la guitarra eléctrica.

En este apartado se va a explicar, en primer lugar, las partes de una guitarra eléctrica. En segundo lugar, la evolución histórica de ésta. En tercer lugar, se explicarán los modelos que han intentado modernizar el concepto de guitarra eléctrica y por último se buscarán las patentes que puedan afectar a nuestro diseño.

3.1. Partes de la guitarra

En la *Figura 1* vemos las partes básicas que conforman una guitarra eléctrica y que permanecen prácticamente intactas desde los primeros modelos hasta hoy. Más adelante se explicarán las definiciones más detalladas de las distintas partes (Véase apartado 5.2. Definiciones)

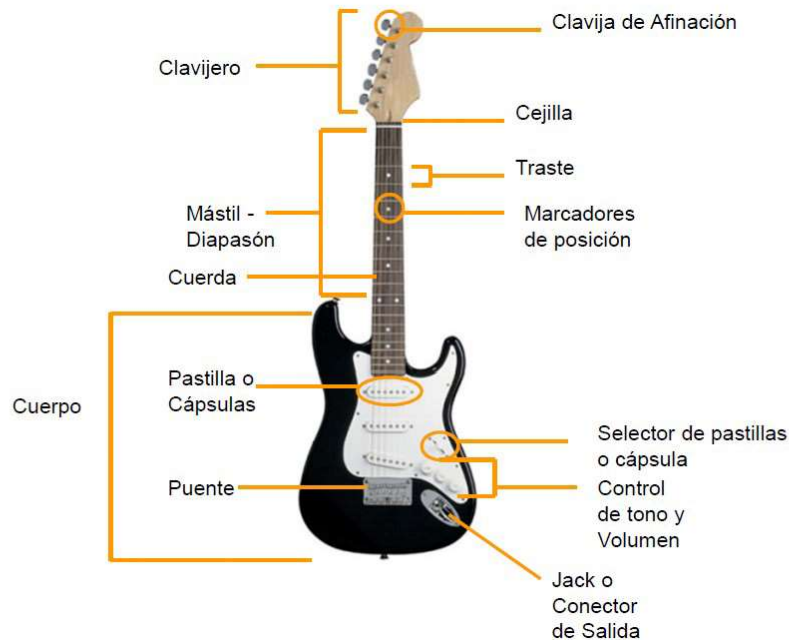


Figura 1: Partes de la guitarra eléctrica. Por cuerdabierta.com.

La guitarra eléctrica común, al no disponer de caja de resonancia necesita un amplificador externo para producir sonido, lo que obliga al consumidor a hacer un desembolso considerable en la guitarra y el amplificador.

3.2. Datos históricos

A inicios del siglo XX surge la necesidad de más volumen para los músicos de jazz y blues que cada vez ganan más popularidad y veían como las salas en las que tocaban cada vez estaban más abarrotadas. La primera solución que se encontró fueron las guitarras con cono resonador metálico como la National Tri-plate (1926) o la National Duolian (1928) (*Figura 2*).



Figura 2: National Duolian

En 1923 Lloyd Loar desarrolló el primer dispositivo que transformaba las vibraciones de las cuerdas en corriente eléctrica, es decir, la pastilla. No obstante, este primer modelo presentaba muchos problemas y no se perfeccionó hasta más adelante.

La primera guitarra eléctrica fue diseñada en 1931 y no es otra que la Rickenbacker A22 (*Figura 3*) y A25 (22 y 25 se refieren a la longitud de escala, en pulgadas). Debido a su característica forma recibió el nombre de 'frying pan', en español, sartén. El primer prototipo se realizó en madera y el modelo de producción en aluminio o baquelita. Esta guitarra es de tipo hawaiano, es decir, se toca sobre las rodillas con la guitarra mirando hacia arriba paralela al suelo.



Figura 3: Rickenbacker A22

La primera guitarra de cuerpo macizo fue la Bigsby & Travis solidbody (1947) (*Figura 4*), de madera de arce y con una placa de metacrilato en la parte trasera para facilitar el acceso a los componentes eléctricos.



Figura 4: Bigsby & Travis solidbody

La primera guitarra del reputado luthier Leo Fender es la Fender Broadcaster (1948) (*Figura 5*) y excepto por su nombre, que se cambió a Telecaster en 1950, se ha mantenido inalterada hasta fecha de hoy, un hito considerable.



Figura 5: Fender Broadcaster

La primera guitarra sólida de la compañía Gibson fue la Les Paul (*Figura 6*) (1952), que realizó en compañía del famoso guitarrista de jazz Lester William Polsfuss. En modelos posteriores de esta guitarra se introdujeron las pastillas “humbucker” que eliminan el ruido y ofrecen un sonido mucho más potente que ayudará a desarrollar géneros musicales más agresivos.



Figura 6: Gibson Les Paul

Dos años más tarde Fred Tavares desarrolla la que es para muchos la guitarra eléctrica definitiva: la Fender Stratocaster (1954) (*Figura 7*), con tres pastillas simples y barra de trémolo.



Figura 7: Fender Stratocaster

Después de los modelos Les Paul y Stratocaster el mundo de la guitarra se ha mantenido más o menos invariable o incluso ha ido a peor con el uso de estándares de calidad más bajos y materiales más económicos. A pesar de los intentos de numerosas marcas de innovar, hay pocos casos en que guitarras que se salen de la norma tengan un éxito tan abrumador como los modelos más famosos de Fender y Gibson.

3.3. Diseños contemporáneos

Hay varios casos de guitarras que han intentado incorporar avances como emulación de sonido y/o materiales diferentes a las maderas duras tan extendidas desde hace un siglo. Algunas han tenido un éxito relativo y otras han fracasado notablemente, aunque siempre sin llegar al éxito de las Stratocasters o las Les Paul.

El caso de fracaso más destacable sería Gibson con su Firebird X (*Figura 8*). El mercado, habituado al clasicismo de los modelos de la mítica marca no aceptó el modelo que incluía emulación de sonidos y unas clavijas afinadoras robóticas que afinaban la guitarra automáticamente.

Además del conservadurismo de los potenciales clientes, la guitarra se puso a la venta con un precio de 4000\$, inalcanzable para muchísima gente, lo que hizo que se vendiera un número ínfimo de guitarras e incluso se tuvieron que destruir los modelos no vendidos



Figura 8: Gibson Firebird X (2011)

Una línea de guitarras con emulación de sonidos con bastante aceptación en el mercado es la línea Line 6 Variax (*Figura 9*). Esta línea cuenta con un sistema de emulación de sonido propio (ya que la marca es especialista en amplificación) y una construcción que no arriesga excesivamente, basándose claramente en la Fender Stratocaster.



Figura 9: JTV-69 James Tyler Variax

La empresa de altavoces Vox también se adentró en el mundo de las guitarras con emulación de sonidos y su Starstream destaca por un diseño un poco más radical en el que se usa un armazón polimérico con refuerzo metálico (*Figura 10*).



Figura 10: Vox Starstream

Más recientemente han surgido ideas muy innovadoras, pero sin apoyo de grandes empresas, a diferencia de los ejemplos anteriores. Estas han sido subidas a plataformas de micromecenazgo y todas han alcanzado el objetivo propuesto e incluso duplicándolo en algunos casos. Esto demuestra que hay demanda en el mercado por un nuevo concepto de guitarra eléctrica.

En la *Figura 11* podemos observar Jammy, que es una propuesta de guitarra eléctrica desmontable y hecha 100% de materiales plásticos. Aún está en desarrollo y tiene la gran desventaja de que no es una guitarra eléctrica 100% funcional, si no que funciona con la tecnología MIDI que da un sonido artificial y robótico. No obstante, es un concepto innovador.



Figura 11: Jammy

El único caso de guitarra que incorpora un Smartphone es el de la *Figura 12*. En esta imagen observamos la Fusion Guitar, que fue un proyecto de Indiegogo con considerable aceptación y que consistía en una guitarra eléctrica con posibilidad de alojar un iPhone y altavoces incorporados en una carcasa de plástico. El concepto es muy interesante pero el resultado final resulta tosco y poco atractivo estéticamente. Es probablemente el referente más importante de nuestro proyecto.



Figura 12: Fusion Guitar

También existe una marca encargada de hacer guitarras de viaje llamada Traveller Guitars (*Figura 13*) con el objetivo de que ocupen lo menos posible y sean fáciles de transportar en viajes. Éstos modelos demuestran que se pueden crear guitarras funcionales sin la excesiva cantidad de madera que tienen los modelos de marcas como Fender y Gibson.



Figura 13: Travelcaster Deluxe

3.4. Patentes

En este apartado se buscarán las patentes que potencialmente puedan afectar a nuestro diseño. Se ha buscado en el sitio web de la Oficina Española de Patentes y Marcas y en Google Patents encontrando lo siguiente:

En la *Figura 14* vemos un esquema de la patente JP3899905B2, relativa una guitarra sin cuerpo con altavoz incorporado (26A) y un dispositivo con botones para emular sonidos percusivos (25).

Pese a su aspecto moderno, esta guitarra está construida para ser usada con cuerdas de nylon, como las guitarras clásicas, por lo que solo se puede usar para estilos acústicos.

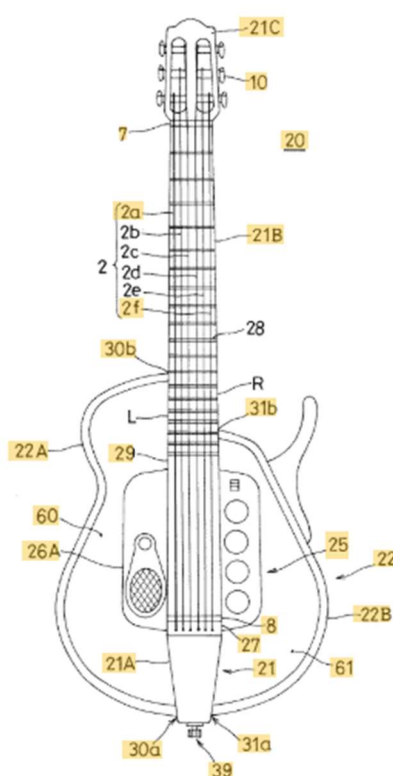


Figura 14: Guitarra con altavoz

En la *Figura 15* y *16* observamos otra patente consistente en un pequeño dispositivo que recibe la señal de las cuerdas directamente de forma digital, no obstante, como muestra la *Figura 16* en más detalle el instrumento sigue dependiendo de una interfaz de audio externa (el elemento 102).

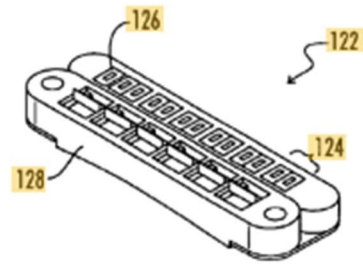


Figura 15: Dispositivo que transforma la vibración de las cuerdas en una señal digital

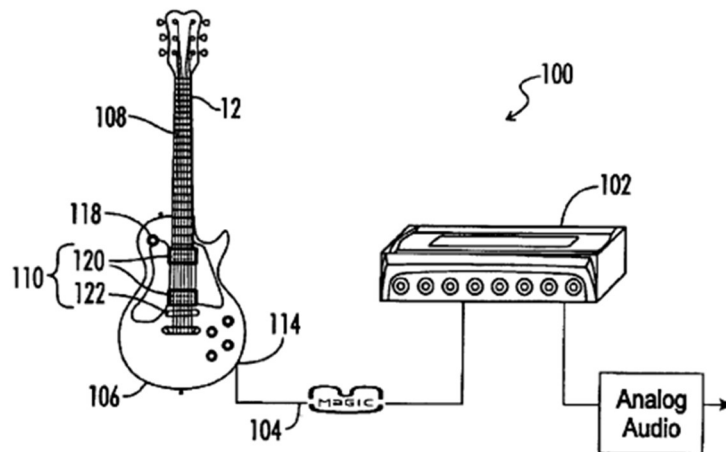


Figura 16: Esquema de funcionamiento de la patente.

Por último, en la *Figura 17* nos encontramos con una patente de guitarras eléctricas con posibilidad de montaje y desmontaje. Tiene el número WO2006063100A2 y consiste en un bloque central al que se le pueden añadir módulos con distintas formas. La unión se realiza mediante tornillos.

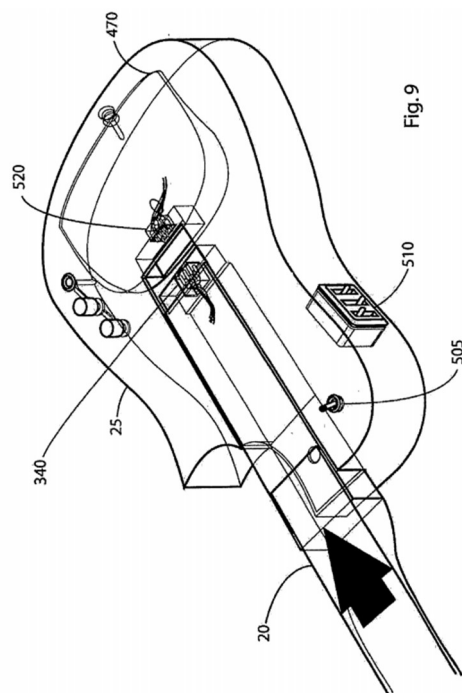


Figura 17: Patente WO2006063100A2.

Teniendo en cuenta estas patentes, tendremos cuidado de desarrollar un producto lo suficientemente diferenciado para no entrar en disputas legales.

4. Normas y referencias

4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

Norma UNE-EN 55103-2:2010/IS1:2013. Compatibilidad electromagnética. Norma de familia de productos para aparatos de uso profesional de sonido, vídeo, sistemas audiovisuales y para el control de iluminación para espectáculos. Parte 2: Inmunidad.

Norma UNE-EN 61305-3:1998 Sistemas y equipos domésticos de sonido de alta fidelidad. Métodos de medir y especificar las características de funcionamiento. Parte 3: Amplificadores.

Norma UNE-EN 60728-11:2017/A11:2018 (Ratificada) Redes de distribución por cable para señales de televisión, señales de sonido y servicios interactivos. Parte 11: Seguridad.

DIRECTIVA 2014/30/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 26 de febrero de 2014 sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética (refundición)

DIRECTIVA 2011/65/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 8 de junio de 2011 sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos

Norma UNE 1034-1: DIBUJOS TECNICOS. ESCRITURA. CARACTERES CORRIENTES

Norma UNE-EN ISO 5455 Dibujo Técnico. Escala

Norma UNE 1027: Plegado de planos

Norma UNE 1035 y UNE 1026-11983: Cajetín o Cuadro de rotulación.

Norma UNE 1032: Dibujos técnicos. Principios generales de representación.

UNE 1039: Dibujos técnicos. Acotación. Principios generales, definiciones, métodos de ejecución e indicaciones especiales.

Norma UNE 1108:1983 DIBUJOS TECNICOS. REPRESENTACION CONVENCIONAL DE LAS ROSCAS

Norma UNE 1044:1975: DIBUJOS TECNICOS. SIGNOS CONVENCIONALES PARA ENGRANAJES

Norma UNE-EN ISO 2162-1:1997 Documentación técnica de productos. Resortes. Parte 1: Representación simplificada.

Norma UNE 1037:1983 Indicaciones de los estados superficiales en los dibujos.

Norma UNE 1120:1996 Dibujos técnicos. Tolerancias de cotas lineales y angulares

Norma UNE 1121-1:1991 Dibujos técnicos. Tolerancias geométricas. Tolerancias de forma, orientación, posición y oscilación. Generalidades, definiciones, símbolos e indicaciones en los dibujos.

4.2. Bibliografía

Libros:

The Electric Guitar. Its History and Construction de Donald Brosnac

Revistas:

Números desde 406 a 442 de la revista *Guitarist* de Reino Unido

Catálogos:

Catálogo Stewart-MacDonald (físico, también consultable en stewmac.com)

Publicaciones web:

<https://guitaradvise.com/electric-guitar-weight/>
<https://www.guitarworld.com/news/this-styrofoam-telecaster-is-purportedly-the-worlds-lightest-guitar>
<https://www.frameworks-guitars.com/en/models/the-frame/>
https://www.youtube.com/watch?v=hZiRwCuAV_0
<http://legacy.gibson.com/Products/Electric-Guitars/Firebird/Gibson-USA/Firebird-X.aspx>
<https://line6.com/variix-modeling-guitars/>
<https://voxamps.com/product/starstream-type-1/>
<https://trends.google.com/trends/explore?date=all&q=electric%20guitar>
https://www.vice.com/en_us/article/a3aqj/rock-is-dead-thank-god
<https://www.oepm.es/>
<https://patents.google.com/>
<https://www.alibaba.com/>
<https://www.madinter.com/es/>
<https://youtu.be/CP06KHIUIrw?t=270>
<https://brandongaille.com/17-fascinating-guitar-sales-statistics/>
<https://www.premiarguitar.com/articles/25941-rd-power-introduces-line-of-guitar-pickups-and-the-roosevelt-drive>
<https://richlite.com/pages/about>
<http://cuerdabierta.com/partes-de-la-guitarra-electrica/>
<https://travelerguitar.com/products/travelcaster-deluxe-surf-green>
<https://patents.google.com/patent/US6888057B2/en?q=digital&q=guitar&oq=digital+guitar>
<https://patents.google.com/patent/JP3899905B2/en?q=electric+guitar&q=speaker&oq=electric+guitar+speaker&page=1>
[https://patents.google.com/patent/WO2006063100A2/en?q=\(electric+guitar\)&oq=\(electric+guitar\)+&page=1](https://patents.google.com/patent/WO2006063100A2/en?q=(electric+guitar)&oq=(electric+guitar)+&page=1)
<https://www.theage.com.au/education/does-a-10-000-guitar-sound-better-than-a-300-one-20120723-22k7b.html>
<https://etayoluthier.es/guia-de-maderas/>
<https://lagunatools.com/product/cnc/smartshop-ii-suv/>
http://www.titebond.com/App_Static/literature/glues/FF1040_Wood_Glues_Brochure.pdf
<https://www.ssmachinery.com/32-TON-Micro-precise-injection-molding-machine-SSF320-2/>
https://www.thomann.de/es/esp_ltd_buz_7_qm_stblk.htm

https://www.alibaba.com/trade/search?fsb=y&IndexArea=product_en&CatId=&SearchText=1%2F4%22+screw

https://www.alibaba.com/product-detail/OEM-Dropshipping-PULUZ-Selfie-Sticks-Tripod_62455072980.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.2f03637188mkEs

Material asignaturas:

DI1007 - EXPRESIÓN GRÁFICA II

DI1014 - DISEÑO CONCEPTUAL

DI1015 - MATERIALES II

DI1018 - EXPRESIÓN ARTÍSTICA II

DI1020 - DISEÑO PARA FABRICACIÓN: PROCESOS Y TECNOLOGÍAS

DI1021 - DISEÑO PARA FABRICACIÓN: PROCESOS Y TECNOLOGÍAS (II)

DI1022 - METODOLOGÍAS DEL DISEÑO

DI1024 - TECNOLOGÍA ELÉCTRICA APLICADA AL PRODUCTO

DI1028 - DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR II

DI1032 - PROYECTOS DE DISEÑO

DI1036 - TECNOLOGÍAS DEL PLÁSTICO Y DISEÑO DE PRODUCTOS

4.3. Programas utilizados

SolidWorks 2018
Microsoft Excel 2016
Microsoft Word 2016
Google Docs
Google Sheets
Google Drive
Adobe Photoshop CC 2017
Adobe Illustrator CC 2017
Adobe Indesign CC 2017

4.4. Plan de gestión de la calidad

La gestión de calidad se realizará mediante la norma ISO 9001 (Véase Anexo III)

5. Definiciones y abreviaturas

5.1. Definiciones

Cejilla: El punto donde se apoyan las cuerdas y determina la longitud sonora de las cuerdas por el lado opuesto al puente.

Clavijas: Elementos rotatorios que sirven para tensar las cuerdas con la afinación deseada.

Diapasón: Pieza de madera o materiales sintéticos duros sobre la cual las cuerdas pasan y se pueden presionar a distintas longitudes para producir varios sonidos.

Guitarra de cuerpo sólido: Una guitarra fabricada con material sólido. Comúnmente se hacen de madera, aunque el aluminio, plástico e incluso piedra también han sido usados.

Pastillas o fonocaptores: Dispositivo utilizado para recoger las señales producidas por la vibración de las cuerdas y enviarlas a un amplificador. (Ampliación: ver Anexo IV)

Pedal de efectos: Dispositivo electrónico utilizado para alterar el sonido de un instrumento eléctrico (guitarra eléctrica, bajo, sintetizador, etc.) y darle un tono especial. Tiene forma de pedal para ser accionado por los pies del músico mientras toca con las manos.

Puente: Pieza usada para determinar la longitud sonora de las cuerdas por el lado opuesto al clavijero.

Trastes: Alambres colocados en lugares concretos del diapason para producir un sonido determinado. Los trastes comerciales están fabricados con un perfil en forma de “T”, cuya parte inferior se coloca en una ranura hecha previamente con una sierra.

5.2. Abreviaturas

mAh: Miliamperios por hora

ABS: Acronitrilo butadieno Estireno

CE: Compatibilidad Electromagnética

SSH: Single-coil Single-coil Humbucker

USB: Universal Serial Bus

MIDI: Musical Instrument Digital Interface

PMMA: Polimetilmetacrilato

Li-Ion: Ión de Litio

6. Requisitos de diseño

El objetivo principal de este proyecto es el de crear un nuevo tipo de guitarra eléctrica que se introduzca en el mercado. Tiene la necesidad de situarse en la gama media del mercado y se diferenciará de la competencia por un fuerte componente tecnológico.

El componente tecnológico cubre dos necesidades: la antes mencionada diferenciación y el aprovechamiento de los avances en materia de conectividad inalámbrica, altavoces y Smartphones con el fin de ahorrar costes al usuario que toca y/o graba en casa evitándole el desembolso en amplificadores y pedales que sólo son útiles en conciertos grandes y grabaciones profesionales.

También se concentrarán los esfuerzos en ahorrar al cliente doméstico el desembolso en amplificadores y pedales de efectos.

Analizando las tendencias del mercado nos damos cuenta que el interés por las guitarras eléctricas ha disminuido un 75% desde 2004 (*Ver Anexo I*), debido a múltiples factores, pero principalmente la tendencia de los estilos musicales que tienden a ser cada vez más electrónicos. Un componente muy importante de este cambio de tendencia es la economía, ya que es extremadamente más barato hacer música en casa con un ordenador que hacerla con una banda de cuatro personas y sus respectivos instrumentos, equipo e ingenieros de sonido que han de mezclar el sonido.

Debido a esto, el estilo musical que está creciendo estratosféricamente es el “SoundCloud rap”, que sin apenas medios (Un portátil o un móvil y un micrófono) es efectivo y consigue cautivar a los más jóvenes.

Sin embargo, el rock se ha quedado en un segundo plano y es el preferido de generaciones de más edad, con un poder adquisitivo más alto que los adolescentes y las marcas de guitarras no han tardado en darse cuenta y cada vez apuestan por modelos más caros que se asemejen a las guitarras de la época dorada del Rock (la Custom Shop de Fender y Gibson, PRS, etc.) accediendo al nicho de personas adultas con dinero que sienten nostalgia por una época que consideran mejor.

El producto que vamos a desarrollar no se centrará en ese nicho de mercado, sino en otro muy distinto, y es el de los jóvenes aprendices de guitarra que no tienen un gran poder adquisitivo pero sí muchas ganas de hacer música con los medios que tienen disponibles y experimentar con los sonidos que la guitarra eléctrica puede ofrecer e, incluso, desafiar las barreras de los géneros musicales creando bases para canciones de Rap o Lo-Fi, desarrollar las posibilidades del instrumento con estilos como el Math Rock o cualquier cosa que pueda imaginar.

6.1. Establecer objetivos de diseño

Como inicio de la fase conceptual del diseño se van a establecer objetivos a cumplir según las aportaciones del diseñador, del cliente y del mercado.

En la Tabla X podemos observar los objetivos que se tendrán en cuenta.

Número	Objetivo
1	Introducirse en el mercado de las guitarras eléctricas
2	Que el producto se sitúe en el sector medio/bajo del mercado
3	Producto de calidad que posicione la marca
4	Que parte de ella se construya con plástico y/o materiales innovadores
5	Que el precio sea asumible para el usuario medio
6	Que resista un uso prolongado en el tiempo sin deterioros notables
7	Estética atractiva y adaptable a varios gustos
8	Que tenga variedad sonora
9	Que no dependa de elementos externos para producir sonido
10	Que el peso esté bien distribuido
11	<i>Que pese poco (deseo)</i>
12	<i>Variedad de colores (deseo)</i>
13	Que tenga una autonomía adecuada para el uso que se le va a dar
14	Que sea intuitiva para utilizar en conciertos o en el estudio de grabación

Tabla 1: Objetivos de diseño

6.2. Elaborar un listado de especificaciones

Una vez aclarados los objetivos los convertimos en especificaciones medibles, que garantizarán el cumplimiento de las demandas mencionadas en el apartado anterior.

Especificación	Descripción de la variable
1.1	Posicionarse entre las diez marcas más vendidas
2.1	Precio entre 350 y 500 €
3.1.	Que sea percibida como opción de calidad por los entrevistados
3.2.	Duración de al menos 20 años sin deterioros notables
4.1.	Uso de al menos un 50% de materiales poliméricos
7.1.	Que la valoración de la estética en encuestas supere un 65% en sus distintas variantes
8.1	Que las pastillas humbucking se puedan transformar en pastillas de bobina simple
8.2	Que la guitarra tenga conectividad con smartphones
9.1.	Que incorpore un altavoz
10.1.	Peso bien distribuido
11.1.	Peso menor de 3,6 kg.
12.1.	Que tenga variedad de colores
13.1	Que dure como mínimo 10 horas

Tabla 2: Especificaciones

7. Análisis de soluciones

Tras analizar las encuestas, se procede al desarrollo conceptual de tres soluciones que tendrán que cumplir las especificaciones a las que se llegó en el apartado anterior de formas diferentes. Se procederá a analizar con una encuesta cuál cumple mejor y si alguna particularidad de un diseño en concreto despunta se añadirá al diseño final.

7.1. Alternativa 1

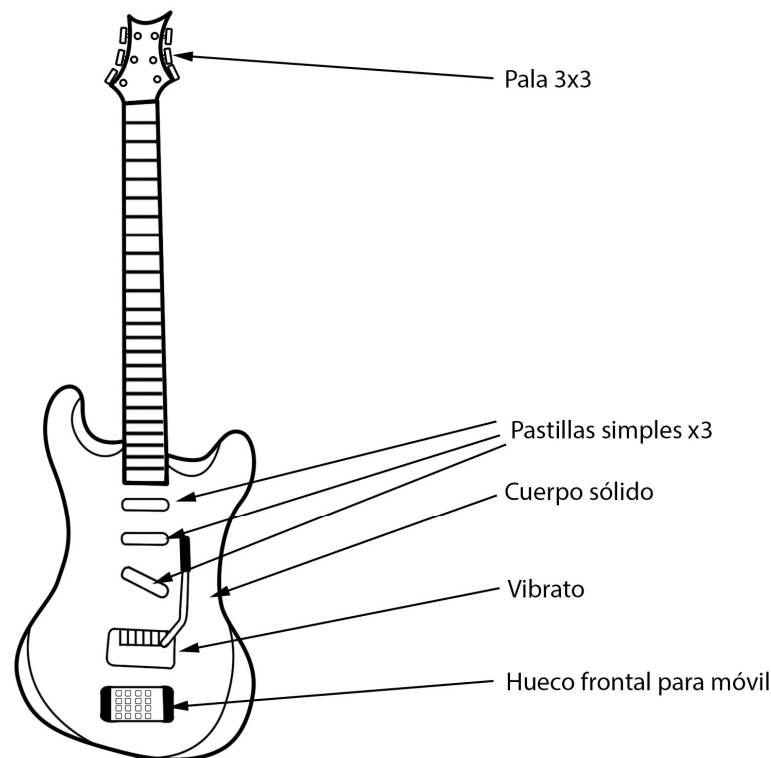


Figura 18: Alternativa 1

Esta guitarra tiene un cuerpo sólido de resina polimérica, a la que se atornilla un mástil de madera de arce. Las pastillas son de tipo simple o 'single coil', muy adecuadas para estilos desde el jazz hasta el rock suave pero que no alcanzan la potencia necesaria para estilos más agresivos y contemporáneos, además de crear un ruido continuo cuando no son usadas. También dispone de una palanca de vibrato que permite modular el sonido en notas sostenidas. Por último, dispone de un hueco para smartphone en la parte frontal de la guitarra.

Ventajas:

- Muy barata en cuanto a materiales de construcción.
- Incluye una palanca de vibrato que da más variedad sonora.
- El teléfono móvil se encuentra en la parte frontal, lo que facilita su acceso.
- El conformado de la resina mediante moldeo permite obtener gran variedad de formas y ángulos, lo que permite obtener al mismo tiempo ergonomía y estética.
- Las pastillas son baratas.

Inconvenientes:

- Es la opción más conservadora estéticamente.
- La palanca de vibrato aumenta los costes.
- El móvil queda muy a la vista, lo que produce rechazo a algunos posibles clientes.
- La resina tarda mucho en curar, lo que ralentiza los tiempos de fabricación.
- Las pastillas no son del todo versátiles.
- No incluye altavoz propio que permita producir sonido.

Especificación	Descripción de la variable	¿CUMPLE?
1.1	Posicionarse entre las diez marcas más vendidas	
2.1	Precio entre 350 y 500 €	Cumple
3.1.	Que sea percibida como opción de calidad por los entrevistados	No cumple
3.2.	Duración de al menos 20 años sin deterioros notables	Cumple
4.1.	Uso de al menos un 50% de materiales poliméricos	Cumple
7.1.	Que la valoración de la estética en encuestas supere un 65% en sus distintas variantes	Cumple
8.1	Que las pastillas humbucking se puedan transformar en pastillas de bobina simple	Cumple
8.2	La guitarra tiene conectividad para smartphone	Cumple
9.1.	Que incorpore un altavoz	No cumple
10.1.	Peso bien distribuido	Cumple
11.1.	Peso menor de 3,6 kg.	Cumple
12.1.	Que tenga variedad de colores	Cumple
13.1	Que dure como mínimo 10 horas	Cumple

Tabla 3: Especificaciones cumplidas por la alternativa 1

7.2. Alternativa 2

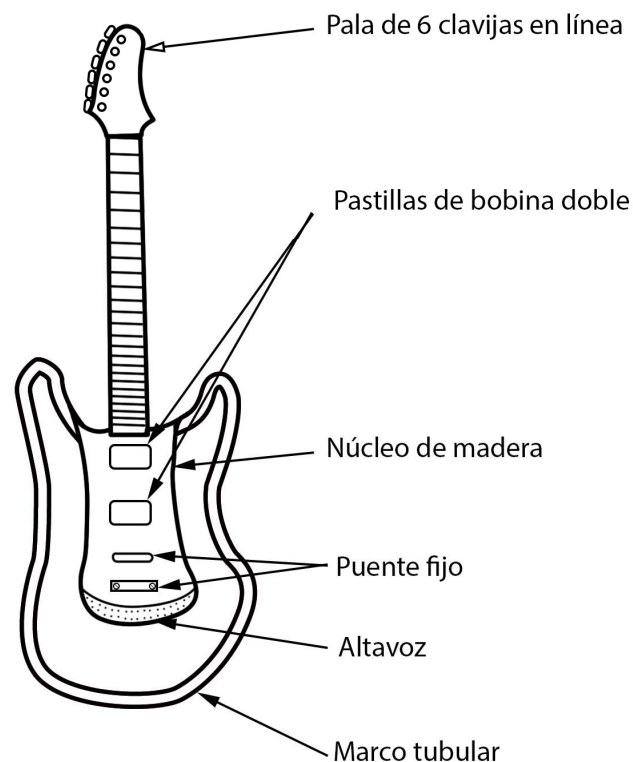


Figura 19: Alternativa 2

Esta guitarra presenta un cuerpo formado por un núcleo de madera y un marco tubular. Incorpora un altavoz de baja potencia para practicar en casa y una ranura para móviles en la parte posterior. Dispone de dos pastillas de bobina doble o 'humbuckers' que proporcionan más potencia y no producen ruidos indeseados. La pala tiene las clavijas en línea. El mástil va atornillado al cuerpo. Cuenta con un procesador de audio propio (no necesita Smartphone).

Ventajas:

- Gran economía de materiales y fabricación.
- Las pastillas dobles eliminan ruidos y dan más potencia, aunque falta versatilidad.
- El altavoz incorporado permite amplificar el sonido suficiente para una habitación, y tiene conector de audio para un amplificador estándar.
- El peso es muy reducido.
- Posibilidad de intercambiar los marcos para obtener un estética y/o ergonomía diferentes.

Inconvenientes:

- La estética es bastante radical.
- Es difícil distribuir los componentes en el poco espacio que ofrece el núcleo.
- Es la opción que menos sensación de calidad da.

Especificación	Descripción de la variable	¿CUMPLE?
1.1	Posicionarse entre las diez marcas más vendidas	
2.1	Precio entre 350 y 500 €	Cumple
3.1.	Que sea percibida como opción de calidad por los entrevistados	No cumple
3.2.	Duración de al menos 20 años sin deterioros notables	Cumple
4.1.	Uso de al menos un 50% de materiales poliméricos	Cumple
7.1.	Que la valoración de la estética en encuestas supere un 65% en sus distintas variantes	No cumple
8.1	Que las pastillas humbucking se puedan transformar en pastillas de bobina simple	Cumple
8.2	La guitarra tiene conectividad para smartphone	Cumple
9.1.	Que incorpore un altavoz	Cumple
10.1.	Peso bien distribuido	Cumple
11.1.	Peso menor de 3,6 kg.	Cumple
12.1.	Que tenga variedad de colores	No cumple
13.1	Que dure como mínimo 10 horas	Cumple

Tabla 4: Especificaciones cumplidas por la alternativa 2.

7.3. Alternativa 3

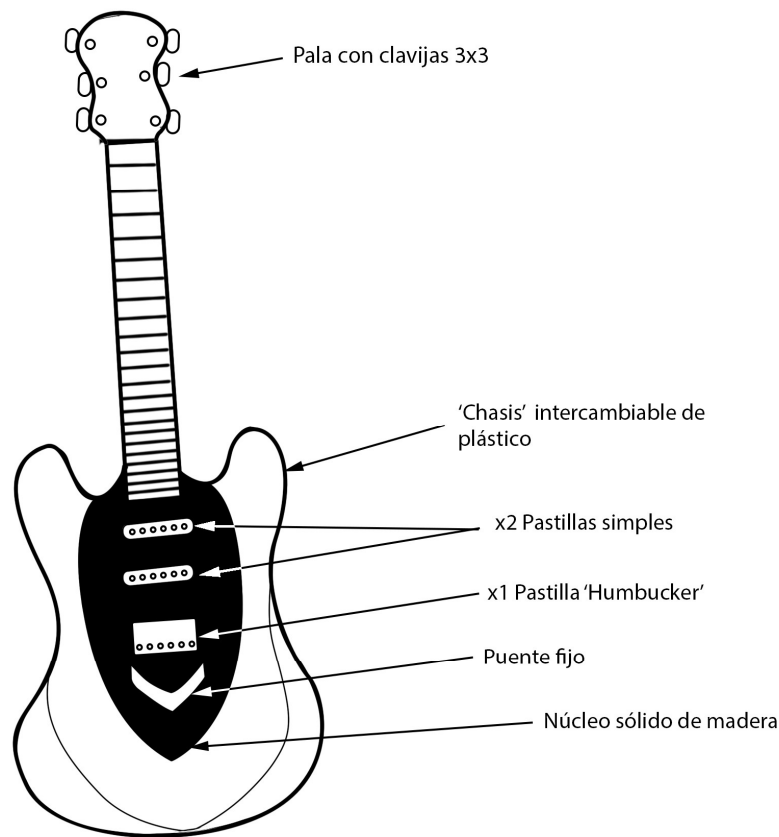


Figura 20: Alternativa 3

Esta guitarra dispone de un cuerpo formado por un núcleo de madera y una carrocería de plástico que se acopla a él. El mástil va encolado al núcleo. Incluye tres pastillas: Dos de bobina simple y una de bobina doble, esto le da una gran versatilidad. La carcasa mostrada es la estándar, pero se podrán desarrollar más adelante otras carcasas para diferentes gustos estéticos o, incluso, diversidades funcionales. El móvil va situado en la parte trasera, con un adaptador para varios teléfonos.

Ventajas:

- Economía de materiales y construcción
- Las pastillas dobles eliminan ruidos y da más potencia, además se incluye dos simples que le dan un amplio rango de sonido.
- El peso es reducido.
- Posibilidad de intercambiar los marcos para obtener una estética y/o ergonomía diferentes.
- Versatilidad de formas al fabricar las carcasas mediante moldeo.
- La estética ha sido la más valorada de todas las opciones

- Puede voltearse para guitarristas zurdos.

Inconvenientes:

- Es difícil distribuir los componentes en el poco espacio que ofrece el núcleo.

Especificación	Descripción de la variable	¿CUMPLE?
1.1	Posicionarse entre las diez marcas más vendidas	
2.1	Precio entre 350 y 500 €	Cumple
3.1.	Que sea percibida como opción de calidad por los entrevistados	Cumple
3.2.	Duración de al menos 20 años sin deterioros notables	Cumple
4.1.	Uso de al menos un 50% de materiales poliméricos	Cumple
7.1.	Que la valoración de la estética en encuestas supere un 65% en sus distintas variantes	Cumple
8.1	Que las pastillas humbucking se puedan transformar en pastillas de bobina simple	Cumple
8.2	La guitarra tiene conectividad con smartphone	Cumple
9.1.	Que incorpore un altavoz	Cumple
10.1.	Peso bien distribuido	Cumple
11.1.	Peso menor de 3,6 kg.	Cumple
12.1.	Que tenga variedad de colores	Cumple
13.1	Que dure como mínimo 10 horas	Cumple

Tabla 5: Especificaciones cumplidas por la alternativa 3

Mediante la metodología DATUM (véase Anexo II) observamos que la alternativa 3 es la que más cumple con los objetivos propuestos pero que la alternativa 2 ofrece unas ventajas interesantes que se añadirán al diseño final. Ésta es añadir un altavoz para no depender de elementos de sonido externos.

8. Resultados finales

En este apartado de la memoria se explicará la solución final adoptada:



Figura 21: Producto final

8.1. Descripción general del conjunto

La solución final obtenida tiene el objetivo de facilitar al máximo la experiencia del usuario medio de guitarras eléctricas. El camino que se ha escogido para cumplir este objetivo ha sido crear una guitarra con muy poca cantidad de madera (lo suficiente para alojar los componentes esenciales para producir sonido) y una carrocería de ABS hueca. Como la resonancia acústica de la guitarra no es importante porque las pastillas fonocaptoras captan el sonido, se incorporan un par de altavoces que proyectarán el sonido hacia delante de la guitarra. Teniendo esto en cuenta se ha buscado que el usuario disponga de la mayor versatilidad posible, por lo que se ha añadido 3 pastillas: dos single-coil (o bobina simple) y una humbucker (de bobina doble, cuya función es eliminar ruidos indeseados) y lo más importante, un receptor Bluetooth que permite conectar un Smartphone a la guitarra y así poder modular el sonido y grabar lo que se está tocando, todo en un mismo lugar.

8.2. Descripción detallada

En este apartado se va a hacer una descripción detallada de los componentes que forman parte del producto, dividiéndolos en componentes fabricados y componentes comerciales.

8.2.1. Componentes fabricados

1. Mástil:



Figura 22: Mástil

Mástil realizado a partir de un solo bloque de madera de arce con 6 agujeros donde se colocan las clavijas afinadoras. Tiene una amplia superficie plana donde se adherirá el diapasón y un saliente en la parte inferior para ser encolado al cuerpo sin dificultades.

3. Diapasón



Figura 23: Diapasón

Encargado de alojar los 21 trastes que hacen que la cuerda dé una nota diferente a la Hecho a partir de una preforma de Richlite. Este material soluciona la inestabilidad dimensional de la madera respecto a la humedad y temperatura y no pone en peligro las especies protegidas con las que se suelen fabricar los diapasones tradicionalmente, como el ébano o el palisandro. La parte frontal incluye 21 ranuras transversales para insertar los trastes. La parte trasera es plana con el fin de facilitar el encolado al mástil.

5. Cuerpo:

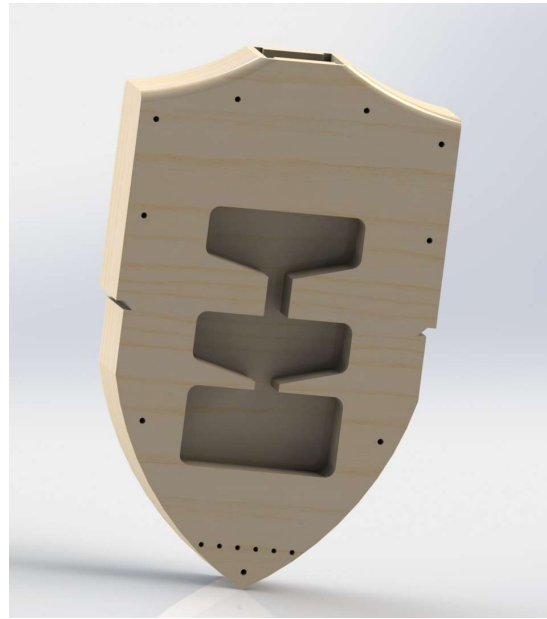


Figura 24: Cuerpo

Hecho a partir de un bloque de fresno. Incluye hendiduras en los laterales para colocar la carcasa del altavoz, nueve taladros de 12 mm de profundidad para atornillar el golpeador, un vaciado donde colocar las pastillas fonocaptoras y 6 taladros pasantes en línea en la parte inferior para colocar las cuerdas.

6. Golpeador:



Figura 25: Golpeador

Encargado de recibir los golpes que recibiría el cuerpo al rasguear. Hecho a partir de láminas de 3mm de espesor de PMMA.

10. Alojamiento altavoces:

Figura 26: Alojamiento altavoces

Fabricado mediante moldeo por inyección de ABS. Dentro del alojamiento se colocarán dos altavoces, un receptor Bluetooth y una batería.

15. Tapa frontal altavoces:

Figura 27: Tapa frontal altavoces

Fabricado mediante moldeo por inyección de ABS. Se le insertará una rejilla para proteger los componentes eléctricos

16. Rejilla:



Figura 28: Rejilla

Conformada a partir de una chapa de acero de 1mm de espesor. Perforada con un patrón de círculos de 2.4mm de diámetro y troquelada con la medida necesaria para insertarse en la tapa frontal.

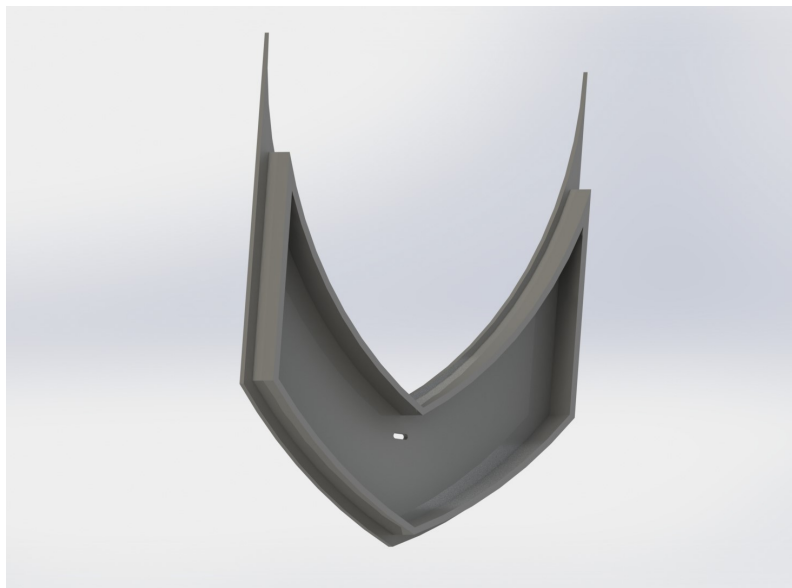
17. Tapa trasera altavoces:

Figura 29: Tapa trasera altavoces

Fabricado mediante moldeo por inyección de ABS, se encarga de cerrar el subconjunto del altavoz por la parte trasera.

18. Carcasa:

Figura 30: Carcasa

Fabricada mediante moldeo por inyección de ABS. Dispone de un vacío en el que se inserta el cuerpo junto al altavoz. Es intercambiable por otros modelos de otros colores y formas que se realizarán posteriormente. También se le puede dar la vuelta para guitarristas zurdos. Dispone de un cuerno que sobresale para poder transportar la guitarra con más facilidad.

8.2.2. Componentes comerciales

2. Cejilla

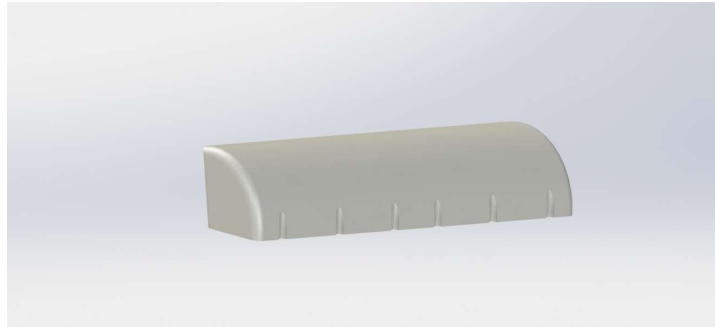


Figura 31: Cejilla

Es la encargada de darle la altura suficiente a las cuerdas para que no toquen los trastes si no son presionadas por el usuario, también las posiciona a una distancia especificada.

4. Clavijas Afinadoras:



Figura 32: Clavija afinadora

Se encargan de proporcionar la tensión necesaria para que la cuerda esté correctamente afinada.

7. Pastillas single coil:

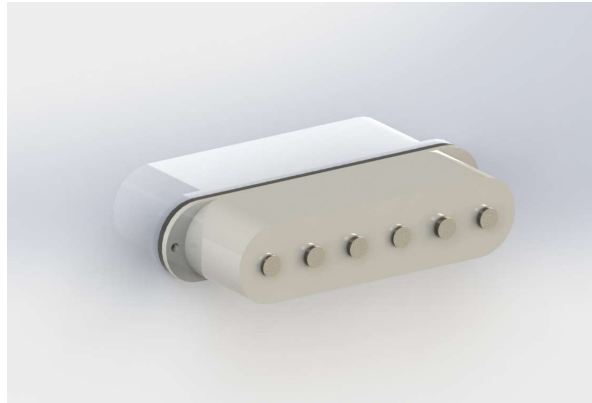


Figura 33: Pastilla single coil

Encargadas de recibir la vibración producida por las cuerdas, consiste un imán de AlNiCo y una bobina de cobre.

8. Pastilla humbucker:



Figura 34: Pastilla humbucker

Encargadas de recibir la vibración producida por las cuerdas, consiste en dos imanes de AlNiCo y una bobina de cobre. Elimina ruidos no deseados y produce un sonido más potente que las single coil.

9. Puente tune-o-matic:



Figura 35: Puente tune-o-matic

De acero cromado, se encarga de mantener las cuerdas a la altura correcta, a posicionarlas y a ajustar la entonación de éstas.

11. Altavoces:



Figura 36: Altavoces

Altavoces de pequeño tamaño y 8Ω de impedancia. Puede llegar a producir unos 80-85 dB.

12. Batería:



Figura 37: Batería

Batería de Ion de Litio. Es de una capacidad de 3000mAh.

13. PCB Receptor Bluetooth:



Figura 38: Placa PCB

Sirve de enlace entre el Smartphone y los altavoces. Está alimentado por la batería.

14. Conector USB C hembra:



Figura 39: Conector USB C hembra por Alibaba

Sirve para cargar la batería que alimenta los altavoces y el receptor Bluetooth.

19. Soporte móvil



Figura 40: Soporte móvil por Alibaba

20. Tornillos golpeador:

Tornillos de rosca cortante A 3,5 x 12 UNE 17-017

21. Tornillo soporte



Figura 41: Tornillo soporte por Alibaba

Por un lado tiene una rosca de 6,35 mm (estándar para accesorios de fotografía o video) y por el otro tiene una rosca de 9 mm para enroscarse a la parte trasera del cuerpo de la guitarra.

8.3. Características y materiales

Madera de fresno: Usado para el cuerpo de la guitarra, se ha elegido por su ligereza.

Madera de arce: Usado para el mástil debido a su dureza y estabilidad.

PMMA: Usado por su acabado, su dureza y por su comercialización planchas de distintos espesores.

Acero cromado: Usado para las clavijas y el puente por su resistencia mecánica y resistencia a la corrosión.

Richlite: Usado en el diapasón por su durabilidad, maquinabilidad y sobre todo por su sostenibilidad, ya que cada vez está más restringido el uso de maderas tradicionales como el palisandro o la caoba.

ABS: Usado en la carcasa y en el alojamiento del altavoz por su rigidez, resistencia a altas temperaturas y baja absorción de agua.

8.4. Descripción de los procesos de fabricación

Nº pieza	Nombre pieza	Proceso de fabricación
1	Mástil	<ol style="list-style-type: none"> Fresadora CNC: <ol style="list-style-type: none"> Perfilado Reamarre a 13° Prefilado de la pala Taladrado agujeros para las clavijas Reamarre a 180° de la posición inicial Copiado de la curvatura trasera Acabado manual con abrasivos Barnizado mediante proyección de poliuretano
2	Cejilla	Viene terminada de fábrica.
3	Diapasón	<ol style="list-style-type: none"> Ranurado de los huecos de los trastes con una sierra
4	Clavijas	Vienen terminadas de fábrica.
5	Cuerpo	<ol style="list-style-type: none"> Fresadora CNC: <ol style="list-style-type: none"> Perfilado (incluyendo entrantes para el alojamiento de los altavoces). Cajera huecos piezas electrónicas Taladro agujeros donde va atornillado el golpeador Reamarre 90° posición inicial Cajera para el entrante para insertar el mástil Reamarre 180° posición inicial Taladrado del agujero donde va el soporte del móvil
6	Golpeador	<ol style="list-style-type: none"> Corte con fresadora <ol style="list-style-type: none"> Taladrado de los huecos para electrónica y tornillos Perfilado con la forma final
7	Pastillas SC	Vienen terminadas de fábrica
8	Pastilla HB	Viene terminada de fábrica
9	Puente Tune-matic	Viene terminado de fábrica
10	Alojamiento altavoces	Moldeo por inyección
11	Altavoces	Vienen terminados de fábrica
12	Batería	Viene terminado de fábrica

13	PCB Receptor bluetooth	Viene terminado de fábrica
15	Conector USB C hembra	Viene terminado de fábrica pero se inserta en la pieza 18
16	Tapa frontal altavoces	Inyección de plásticos
17	Rejilla	Perforado de patrón circular y troquelado con la forma final
18	Tapa trasera altavoces	Inyección de plásticos
19	Carcasa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inyección de mitad frontal 2. Inyección mitad trasera 3. Unión de las dos partes mediante soldadura de plásticos con herramienta caliente.
20	Soporte móvil	Viene terminado de fábrica
21	Tornillos golpeador	Vienen terminados de fábrica
22	Tornillo soporte	Vienen terminados de fábrica
23	Cableado	Viene terminado de fábrica

Tabla 6: Descripción de los procesos de fabricación

8.5. Descripción del montaje

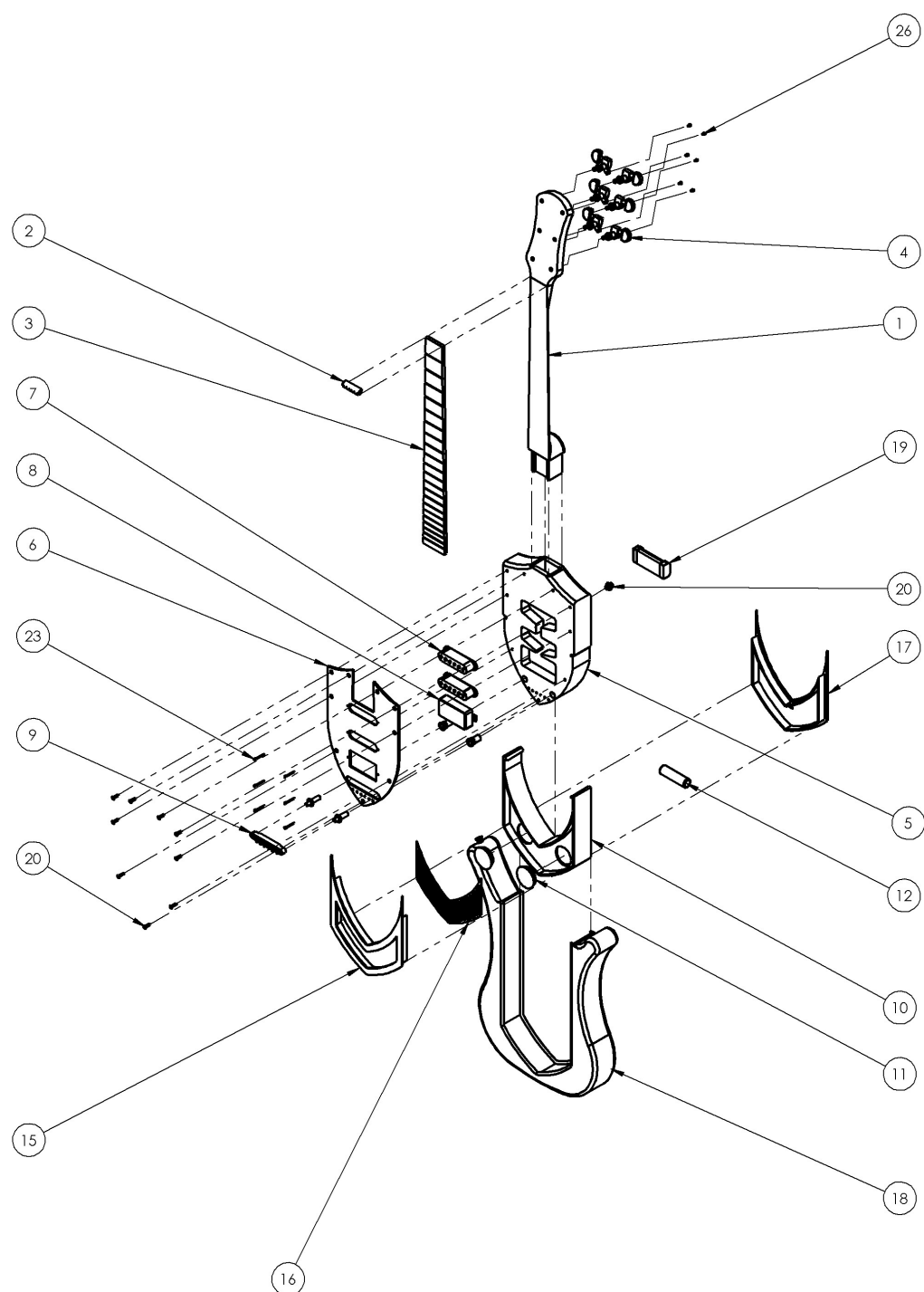


Figura 42: Explosión del conjunto

Montaje:

1. La pieza 2 se une con adhesivo epoxídico a la pieza 1. La 3 se encola con la 1. Se instalarán las clavijas afinadoras en la pieza 1.
2. El conjunto formado con las piezas nombradas anteriormente se encola con la pieza 5. Las piezas 5, 6, 7, 8 y 20 se atornillan a la pieza 5.
3. Las piezas 12 y 11 se adhieren a la pieza 10. La pieza 16 se inserta en la 15 y el conjunto que forman cierran la 10 por delante. Por último, se cierra la parte trasera de 10 con la pieza 18.
4. El conjunto formado anteriormente se inserta al conjunto 2.
5. La pieza 19 cierra todo el conjunto.
6. Por la parte de atrás del conjunto se atornilla la pieza 20 y a ésta, a su vez, se atornilla la pieza 19.

Métodos de unión:

1. Encolado mástil y cuerpo: Se usa la cola Titebond, muy usada para trabajos de lutheria.

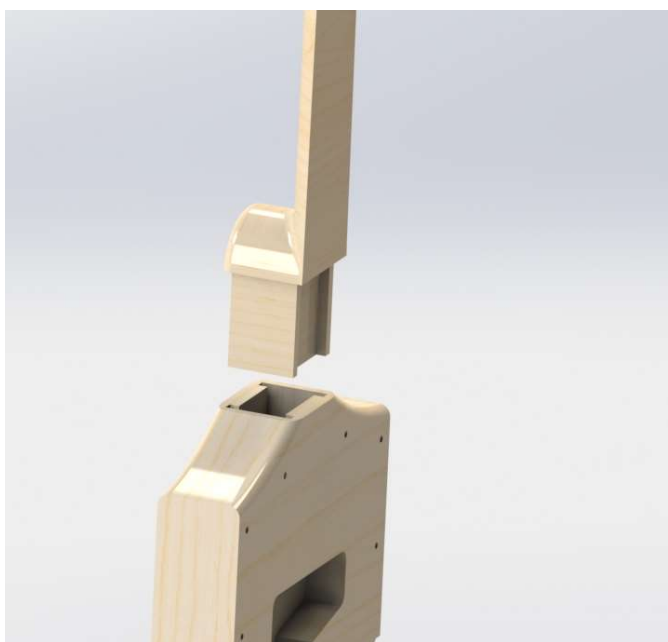


Figura 43. Unión mástil y cuerpo

2. Encolado diapasón y mástil: Se usa también la cola Titebond®
3. Pegado cejilla a mástil y diapasón: Con cianocrilato.
4. Pastillas al golpeador: Tornillos de rosca cortante A 2,2 x 20 UNE 17-018 con un muelle para poder ajustar la altura de las pastillas.



Figura 44: Tornillos con muelle

5. Golpeador al cuerpo: 9x Tornillos de rosca cortante A 3,5 x 12 UNE 17-017
6. Conjunto Altavoz (10,11,12,16,17,17): Unión mediante apriete.
7. Conjunto altavoz a cuerpo: Unión mediante presillas.
8. Carcasa sobre cuerpo y altavoz: Unión a presión
9. Soporte y Cuerpo, unión roscada mediante tornillo soporte.

8.6. Embalaje; imagen corporativa.

SHIELD
GUITARS

Figura 45: Logo Shield Guitars

La marca bajo la que se comercializará el producto será llamada Shield Guitars. La tipografía utilizada en la imagen corporativa es la Century Gothic Bold para la palabra “Shield” y Century Gothic Regular para la palabra guitars.

El dibujo que acompaña al nombre de la empresa corresponde a la silueta del cuerpo de la guitarra, que se asemeja a un escudo o, en inglés, shield.

8.7. Plan de explotación, venta y distribución, estudio económico; rentabilidad.

Haciendo un estudio de las alternativas más inmediatas a nuestro producto, se observa que cuando empezaron vendían en torno a 1500 unidades. Por lo tanto, supondremos que nuestra guitarra ha de vender como mínimo 1000 unidades.

Coste industrial	199€
Coste de comercialización	40€
Inversión (Equipo)	132.455€
Precio de venta	335€
Previsión de ventas (unidades al año)	1.000
BENEFICIO NETO	95.730€
RENTABILIDAD	0,7227360236

Tabla 7: Rentabilidad

Confiando en que el producto tenga buena aceptación y sus ventas aumenten con el tiempo nos encontramos con el siguiente escenario en un plazo de 5 años.

	0	1	2	3	4	5
Inversiones	132.455€	41.104€	26.060€	26.060€	26.060€	26.060€
Unidades vendidas	0	1.000	1500	1800	2000	2500
Gastos		371.725€	358.905€	430.686€	478.540€	598.175€
Ingresos		335.000€	502.500€	603.000€	670.000€	837.500€
Beneficios		-36.725€	143.595€	172.314€	191.460€	239.325€

Flujo Caja	-132.455€	-77.829€	117.535€	146.254€	165.400€	213.265€
VAN	-132.455€	-208.017€	-97.229€	36.614€	183.570€	367.534€
Inversiones	132.455€	41.104€	26.060€	26.060€	26.060€	26.060€

Tabla 8: Valor actual neto (VAN) durante 5 años

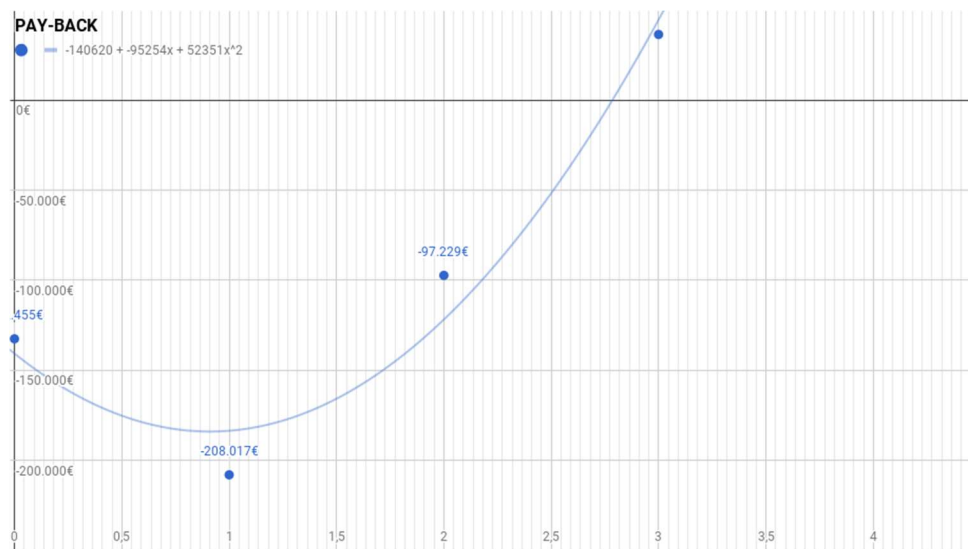


Figura 46: Gráfica Pay-Back

Como podemos ver, se obtienen beneficios a partir de los 3 años de comercialización del producto.

9. Planificación:

El objetivo propuesto es el de hacer 1000 unidades de la guitarra en su primera versión, para ver su aceptación en el mercado. Para ello se emplearán 60 días distribuidos como se puede ver en el Anexo: Diagrama de Gantt.

10. Orden de prioridad entre los documentos básicos

1. Planos
2. Pliego de condiciones
3. Presupuesto
4. Memoria



Figura 46: Ambientación

ANEXOS

ANEXOS

Anexo I	64
Anexo II: Metodología DATUM	65
Anexo III: Normativa gestión de calidad	66
Anexo IV: Diferencias entre tipos de pastillas.	67
Anexo V: Estudio ergonómico	69
Anexo VI: Estudio eléctrico.	71
Anexo VI: Encuesta de las necesidades del cliente	72
Anexo VII: Diagrama de Gantt	77

Anexo I

En este anexo podemos ver el estudio de mercado que se ha realizado, donde se puede ver que el interés en las guitarras eléctricas ha ido decreciendo (*Figura 1*) mientras que el de las guitarras eléctricas para principiantes (*Figura 2*) es inestable pero la media no varía a lo largo de los años. A su vez, el interés en software de emulación de sonido (*Figura 3*) ha aumentado considerablemente en los últimos años.

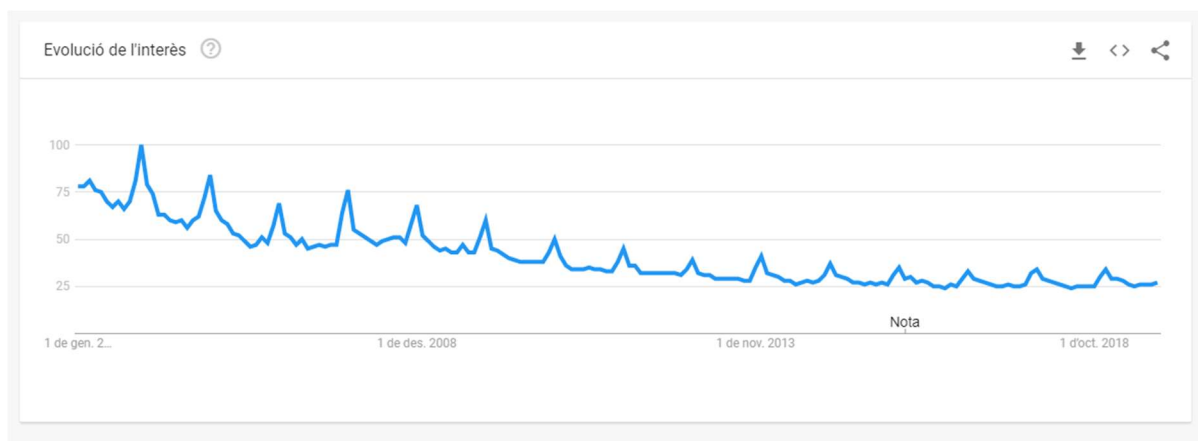


Figura 1: Evolución del interés de la búsqueda de guitarras eléctricas.

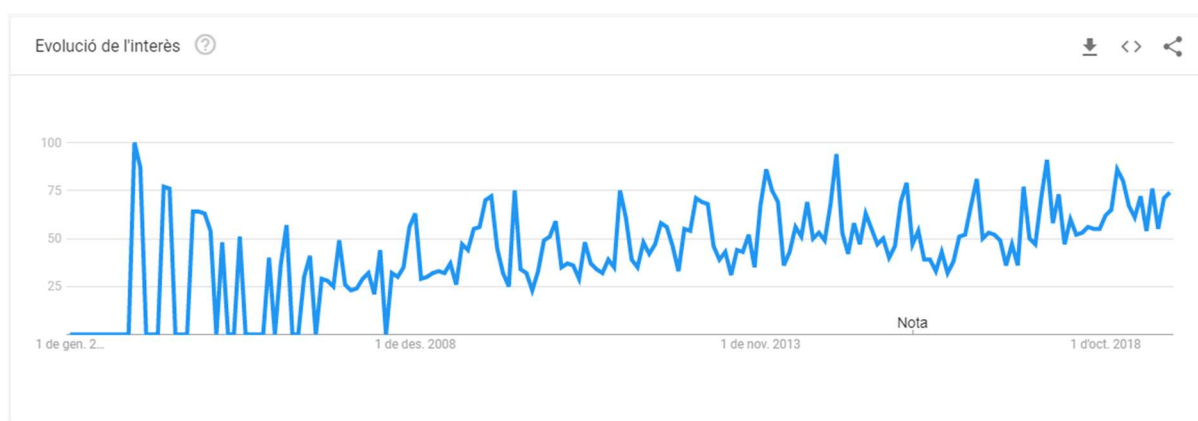


Figura 2: Evolución del interés en guitarras eléctricas para principiantes.

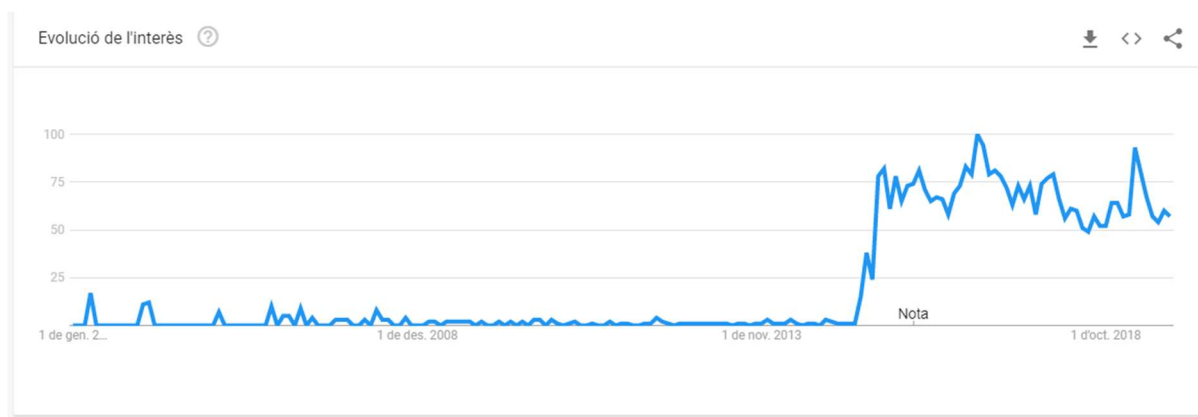


Figura 3: Evolución del interés en la búsqueda de aplicaciones de emulación de efectos

Anexo II: Metodología DATUM

En este anexo observamos la metodología DATUM llevada a cabo para seleccionar una solución de las tres propuestas teniendo en cuenta cuantos objetivos cumplen y añadir las mejores características al diseño final.

Las celdas que contienen una “s” indican que el objetivo se cumple igual de bien que en la alternativa elegida como DATUM. Las celdas que tienen un “+” indican que cumplen mejor el objetivo que la alternativa DATUM y el “-” no cumple o cumple peor.

Al final, se realiza un sumatorio de todas las celdas con “+”, con “-” y con “s” y si alguna tiene un mayor número de “+” que de “-” será la alternativa que más objetivos cumple.

En la Tabla 1 observaremos como la Opción 3, elegida como DATUM, es la que mejores prestaciones ofrece al no cumplir tantos objetivos como ésta las otras dos opciones.

	SOLUCIONES ALTERNATIVAS		
OBJETIVOS	1	2	3
1	s	s	D
2	s	s	A
3	-	-	T
4	s	-	U
5	+	+	M
6	-	+	
7	-	-	
8	-	-	
9	-	+	
10	-	+	
11	-	+	
12	-	-	
13	+	-	
14	s	s	
$\Sigma (+)$	2	5	
$\Sigma (-)$	8	6	
$\Sigma (s)$	4	3	

Tabla 1: Metodología DATUM

Anexo III: Normativa gestión de calidad

La norma ISO 9001 es el modelo más utilizado en las relaciones cliente/proveedor nacionales e internacionales. Es el lenguaje universal en este tipo de intercambios en una multitud de sectores y tiene una especial importancia para las PYMES, ya que les permite demostrar su capacidad para cumplir con las necesidades de sus clientes.

Este modelo, cuyas primeras ediciones sólo eran utilizadas por las grandes empresas industriales, ha ido evolucionando en sucesivas revisiones adaptándose a las necesidades de todo tipo de entidades, incluyendo PYMES y otras organizaciones y también ampliando su aplicación a la totalidad de sectores de actividad.

La revisión del año 2000 supuso un gran avance al pasar su objeto del aseguramiento de la calidad a la gestión de la calidad en la organización. Se introdujo una clara orientación a la satisfacción de los clientes y a la gestión de los procesos y todo ello con un enfoque hacia la mejora continua.

Inciendo en esa línea aparece la revisión de 2015, que se irá implementando en las empresas en los próximos años. Se han reducido los requisitos que podrían ser considerados como "burocráticos" y se potencia aún más el enfoque hacia la gestión eficiente, el análisis del contexto en el que las empresas desarrollan sus actividades y la consideración de los riesgos asociados.

A esto se une la adopción de una estructura de ciclo de mejora, que será la utilizada por todos los modelos de gestión, lo que facilitará la integración de; otros aspectos como los ambientales, de seguridad y salud en el trabajo, de responsabilidad social, etc.

Anexo IV: Diferencias entre tipos de pastillas.

¿Cuáles son las diferencias entre las pastillas single coil y las humbucker?

Todas las pastillas magnéticas albergan una bobina de alambre envuelta miles de veces alrededor de un imán. Las pastillas de bobina simple tienen una de estas estructuras, y las bobinas dobles tienen dos de ellas.

¿Qué es una pastilla humbucker?

Todas las pastillas eran de bobina simple hasta 1955. Las pastillas de bobina simple suenan muy bien, pero tienden a ser ruidosas, transmitiendo zumbidos y zumbidos eléctricos junto con el sonido de las cuerdas. Luego, Seth Lover, un ingeniero de Gibson, se dio cuenta de que la combinación de dos estructuras de una sola bobina en una sola pastilla, con sus polos magnéticos orientados en direcciones opuestas, cancelaba los zumbidos eléctricos, así nació el "humbucker".

Cuando estas revolucionarias pastillas aparecieron por primera vez en las guitarras Gibson, llevaban una pegatina que decía "Patente solicitada" y, por lo tanto, se conocieron como pastillas "P.A.F.". Ha habido innumerables variaciones en el diseño durante el último medio siglo, sin embargo, "humbucker" se ha convertido en el término genérico para cualquier configuración que combina dos bobinas para reducir el ruido no deseado. Casi todas las pastillas de doble bobina son humbuckers, aunque a veces están cableadas para proporcionar la opción de operación humbucking y no humbucking.

Dado el buen sonido y el rendimiento silencioso de los humbuckers, ¿por qué alguien elegiría bobinas simples?

Porque las bobinas individuales tienen un sonido propio y tienden a ser más brillantes y nítidas, con una mayor definición de notas, mientras que los humbuckers son a menudo más fuertes, más oscuros y más pesados.

La mayoría (pero no todas) las guitarras Fender usan pastillas de bobina simple. La mayoría (pero no todas) las guitarras Gibson tienen humbuckers. Y hay infinitos híbridos: guitarras con bobinas simples y humbuckers, humbuckers que suenan como bobinas simples y bobinas individuales que suenan más parecidas a las humbuckers.

Fuente: Seymour Duncan

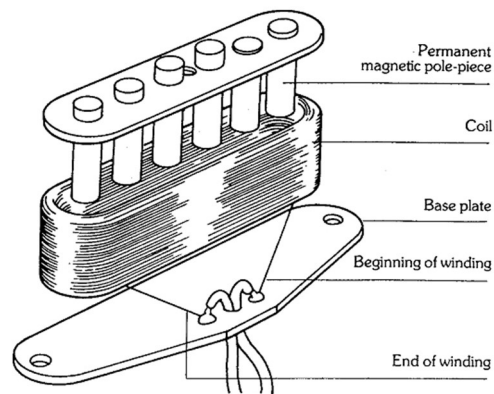


Figura 4: Despiece de una pastilla Simple o Single Coil por Seymour Duncan

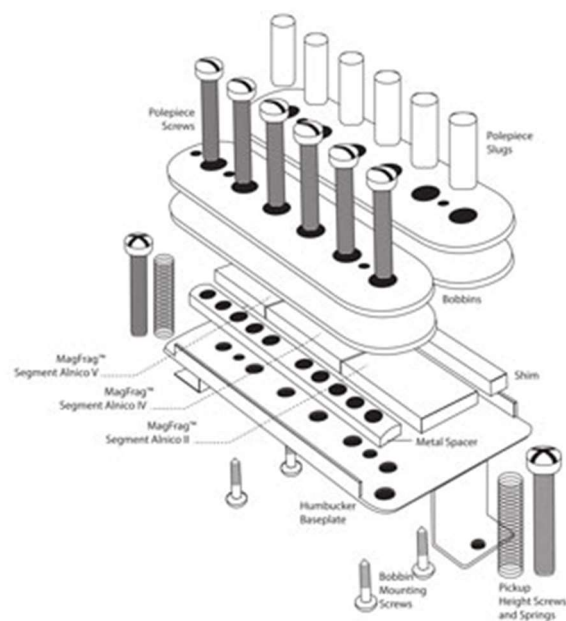


Figura 5: Despiece de una pastilla Doble o Humbucker por Seymour Duncan

Anexo V: Estudio ergonómico

En este anexo se va a observar si las medidas del mástil cumplen los criterios ergonómicos necesarios para satisfacer al número máximo de usuarios.

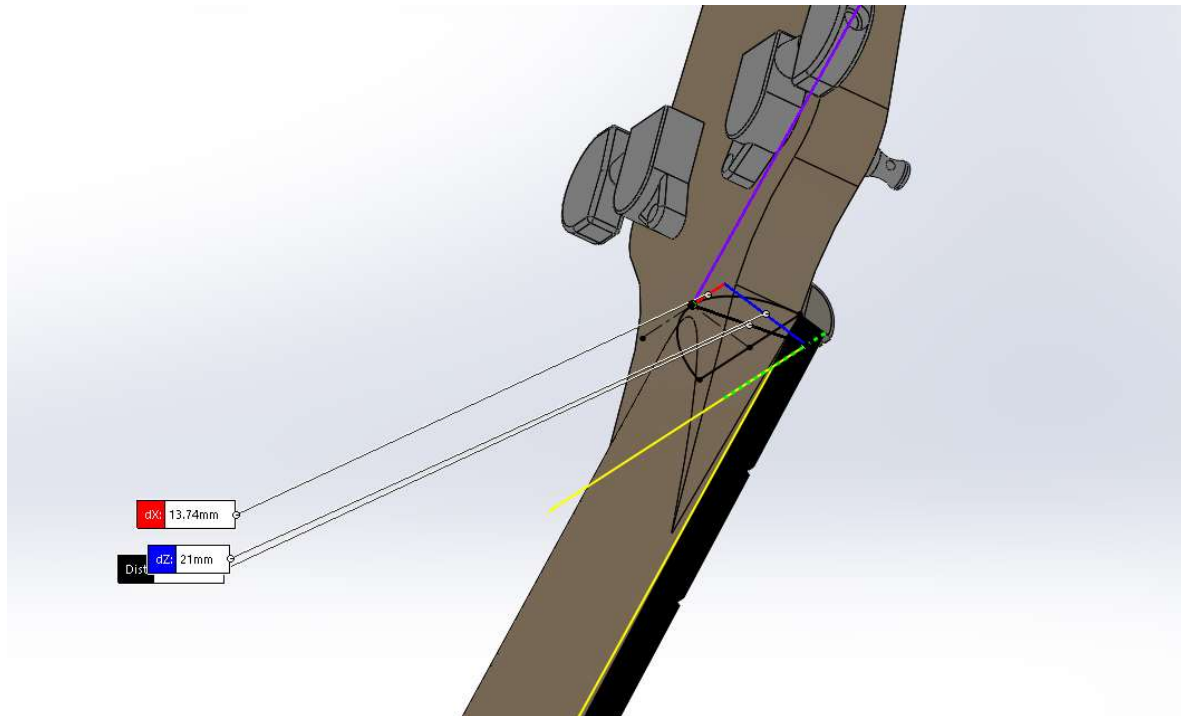


Figura 6: Medidas en la parte más ancha del mástil por Marc Pedra

Tomamos la medida desde la parte más alta del mástil donde éste tiene mayor grosor. Cuanto más ancha es esta zona, más cuesta hacer acordes y usar la guitarra en general. Esto ocurre especialmente si el mástil es muy grueso como el de las guitarras españolas.

La medida da que el grosor del mástil en la zona más gruesa es de 21 mm.

Ahora, consultamos las tablas de ergonomía y nos encontramos lo siguiente:

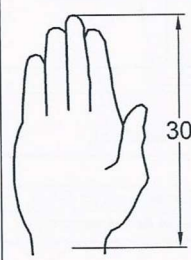
	Denominación 30. Longitud de la mano.
	Descripción Medida desde el pliegue de la muñeca (debajo de la base del dedo pulgar) hasta la punta del dedo medio o corazón.
	Consideraciones de aplicación Referencia en herramientas manuales, mangos y protecciones para las manos (guantes). La longitud de la mano puede servir como referencia para obtener medidas de alcance con la yema de los dedos a partir de medidas de agarre, o viceversa. Para ello, puede sumarse o restarse, respectivamente, el 60 % de la longitud de la mano. Si la acción es de agarre, en lugar de ser completa, se considera con la punta de los dedos, sustraer el 20 % de la longitud de la mano. Pueden considerarse correcciones por el uso de guantes y por la forma adoptada por la mano en la manipulación de herramientas.

Figura 7: Medidas longitud de la mano en Antropometría Aplicada al Diseño de Producto, UJI.

Elegiremos esta medida como criterio sobre el que hacer los cálculos y observamos que hay que hacer una corrección del 60% si se quiere obtener la medida del agarre. Como queremos que la guitarra funcione con el mayor número posible de personas, tomaremos como referencia la medida del percentil x_5 de mujeres españolas.

La medida más del percentil x_5 es de

$$x_5 = 0,6 * 159 = 95,4 \text{ mm}$$

Podemos concluir que nuestra medida, 21 mm, cumple con creces los criterios de ergonomía. Pero esto se debe a que no sólo se debe asegurar el agarre, sino que los usuarios puedan accionar con ligereza las cuerdas y facilitar lo máximo posible el aprendizaje de las personas más jóvenes.

En guitarras antiguas esto no siempre se cumplía y son famosos los mástiles de la década de los 50 que tenían el sobrenombre de bates de béisbol por su excesivo grosor.

Anexo VI: Estudio eléctrico.

Los altavoces actuales ofrecen una potencia nada desdeñable para aplicaciones domésticas. Esto se puede observar en el amplio espectro de altavoces Bluetooth que con un tamaño reducido dan una buena calidad y volumen.

Como nuestra guitarra está pensada para el ámbito doméstico principalmente, se le añadirán dos altavoces de 8Ω , alimentados por una batería de $3,76\text{ V}$ y una capacidad de 3000 mAh .

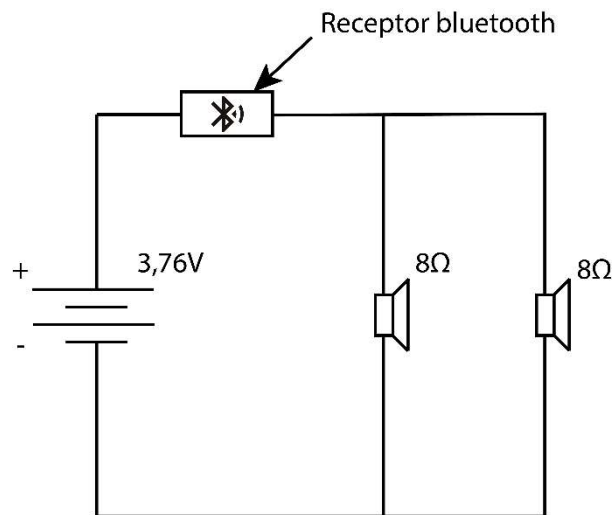


Figura 8: Circuito de los altavoces

Primero se calculará la resistencia equivalente de los dos altavoces:

$$\frac{1}{8} + \frac{1}{8} = \frac{1}{R_T}$$

$$R_T = 4\Omega$$

Como $V = I \cdot R$ podemos calcular la intensidad que soportará el circuito:

$$I = \frac{3,76}{4} = 92,5\text{mA}$$

Por último, calcularemos cuánto tiempo puede soportar la batería de 3000 mAh una intensidad de $92,5\text{ mA}$.

$$t = \frac{3000}{92,5} = 32\text{h}$$

La batería tendrá una duración de 32h en funcionamiento.

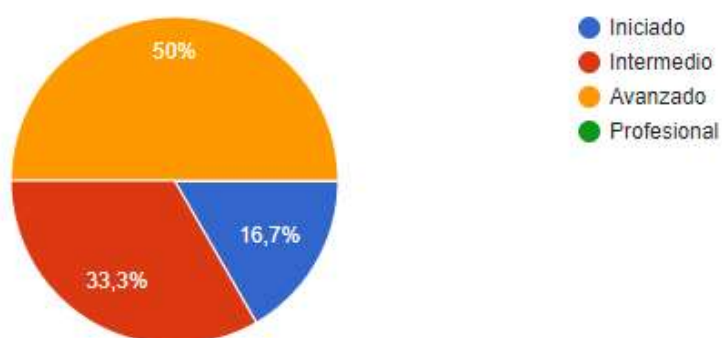
Anexo VI: Encuesta de las necesidades del cliente

Esta encuesta fue contestada por 6 personas. Se entrevistó más detalladamente a dos participantes de género, edades y perfil socioeconómico diferentes para consultar cosas concretas que añadir o mejorar al diseño final. También se tuvo en cuenta su opinión a la hora de valorar qué sensación de calidad daba cada una de las tres opciones de la etapa de diseño conceptual.

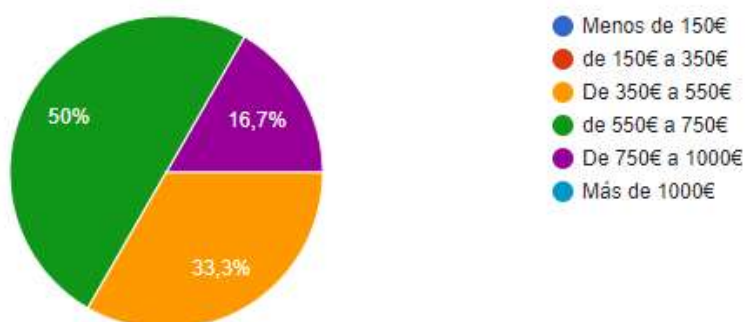
¿En qué rango de edad te situas?



¿Qué clase de guitarrista te consideras?

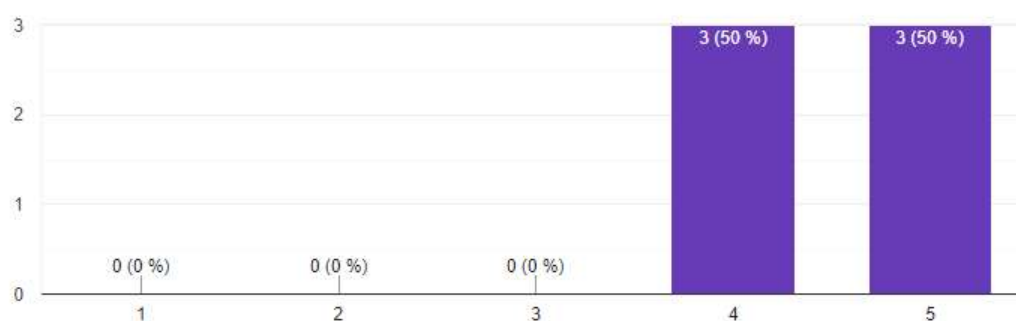


¿Cuánto te ves capaz de gastar en tu próxima guitarra, según tu situación económica actual?

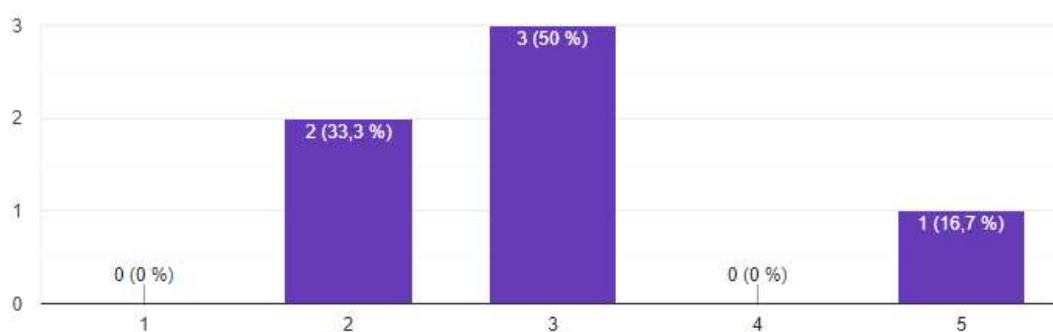


¿Cuál es la importancia de los siguientes factores a la hora de comprar una guitarra eléctrica?

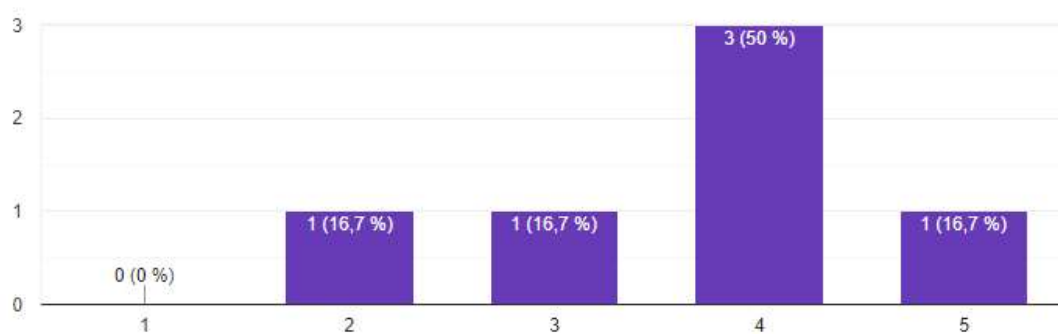
Que de sensación de calidad



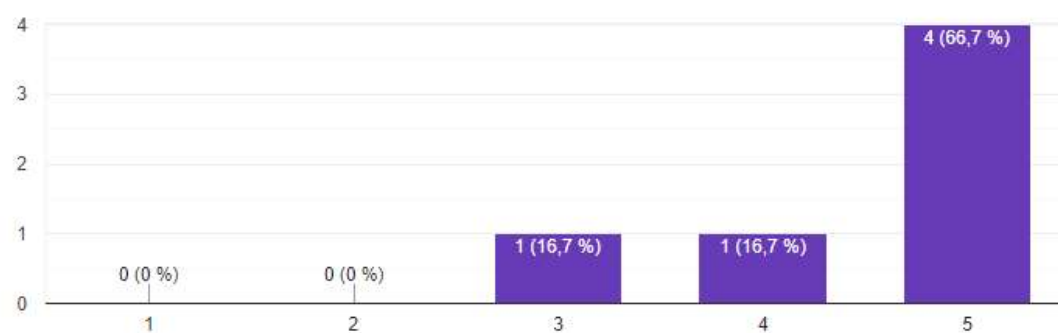
Que incluya materiales compuestos o innovadores en vez de maderas



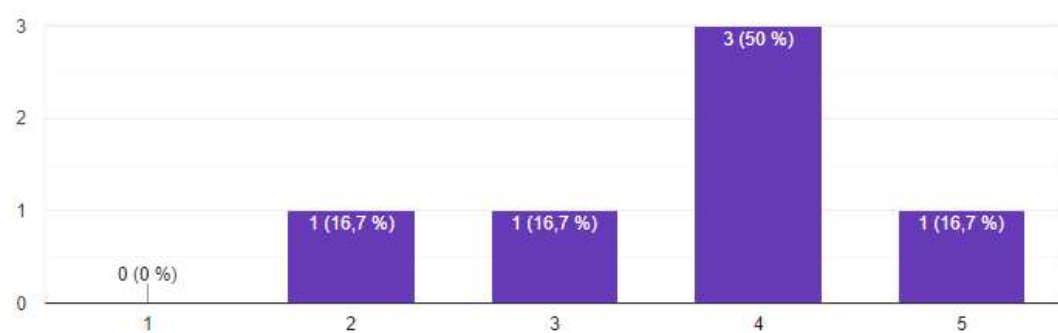
Que el precio sea asumible para el usuario medio



Que resista un uso prolongado en el tiempo sin deterioros notables

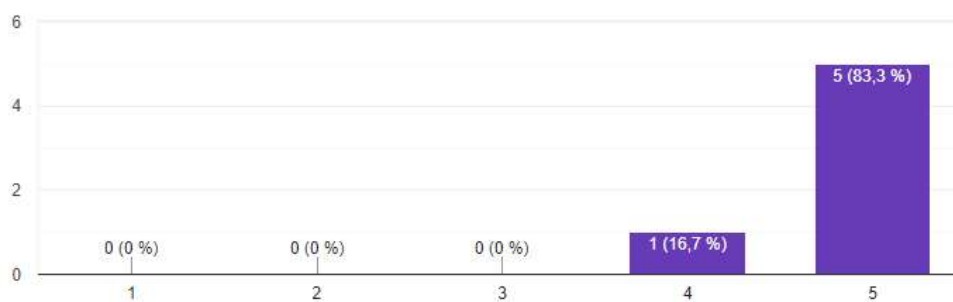


Que la estética sea personalizable para adaptarla a tus gustos o necesidades funcionales

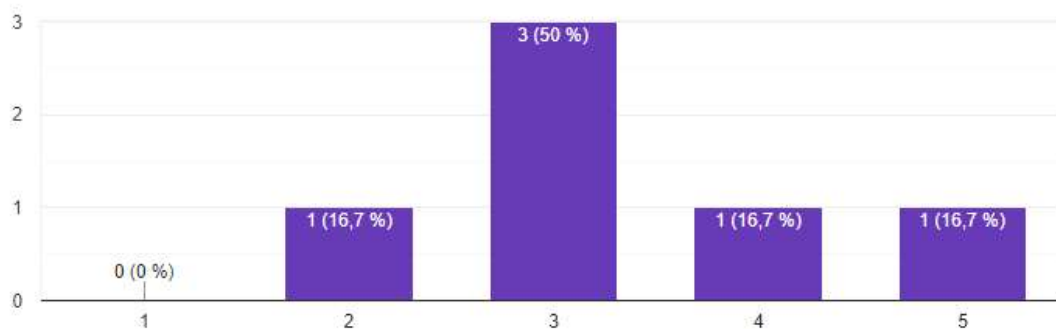


Anexos

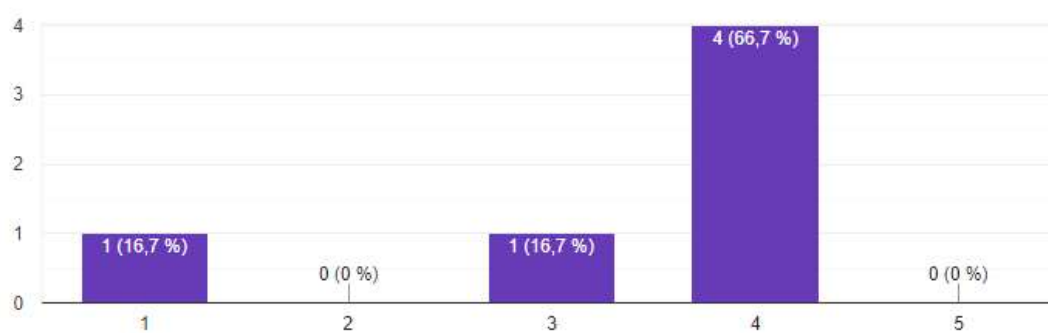
Que puedas tocar una gran diversidad de estilos



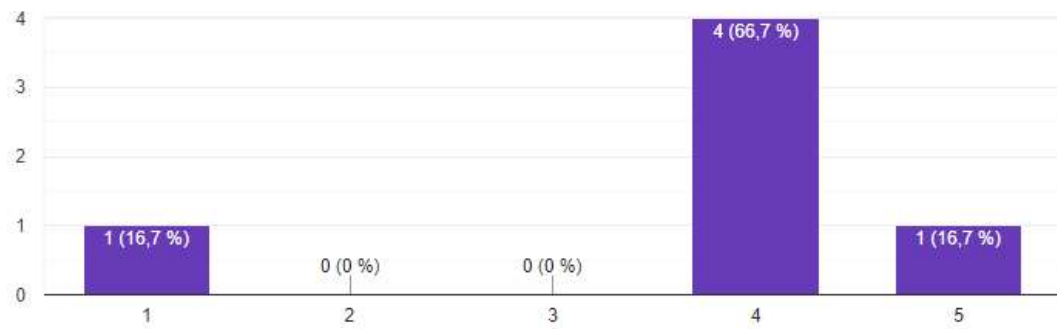
Que no dependa de un amplificador para producir sonido, es decir que tenga sonido propio.



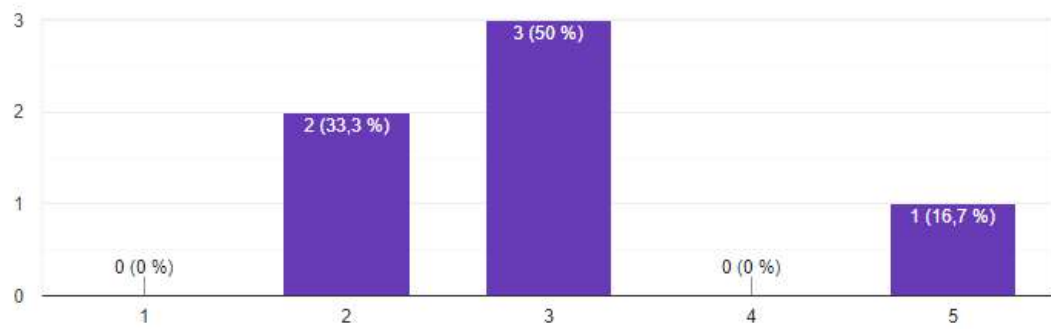
Que pese poco



Que si tiene altavoces integrados, la duración de estos sea alta

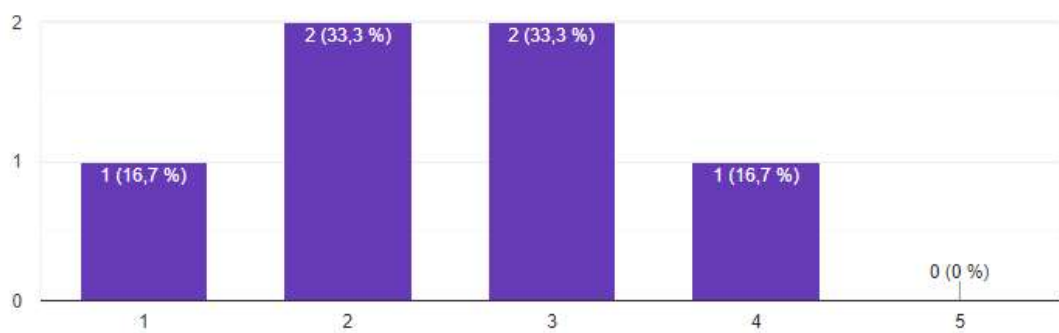


Que se centre en el uso doméstico



Que se centre en el uso en conciertos o eventos en el exterior

6 respuestas



Anexo VII: Diagrama de Gantt

En la siguiente figura podemos ver el diagrama de Gantt que corresponde a la planificación del proyecto.

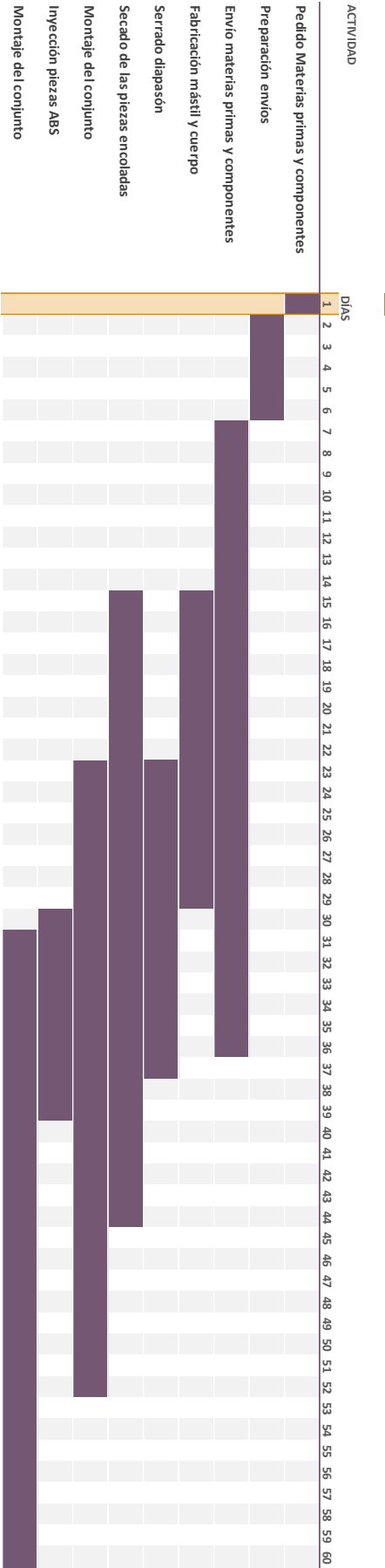
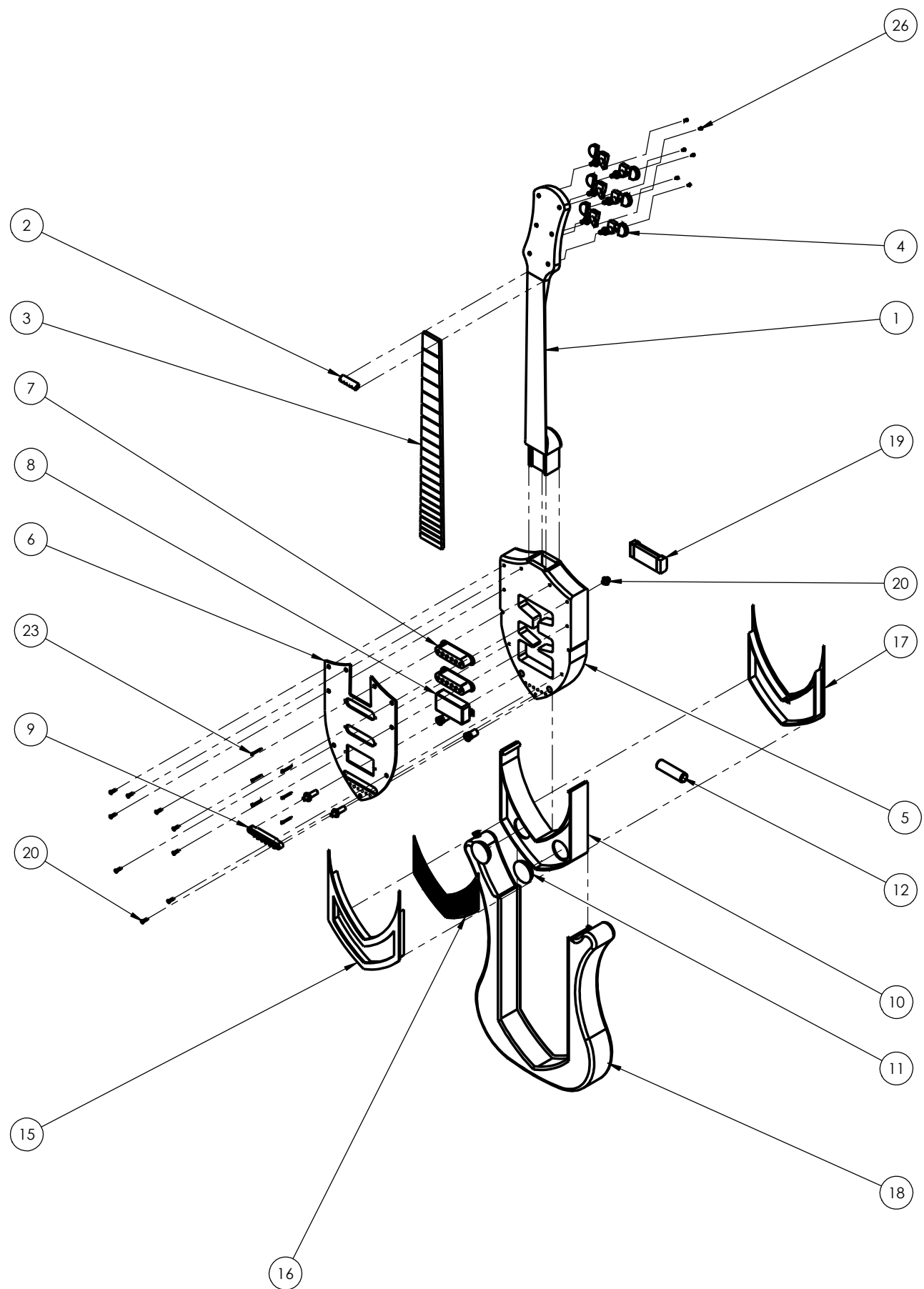



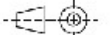
Figura 9: Diagrama de Gantt

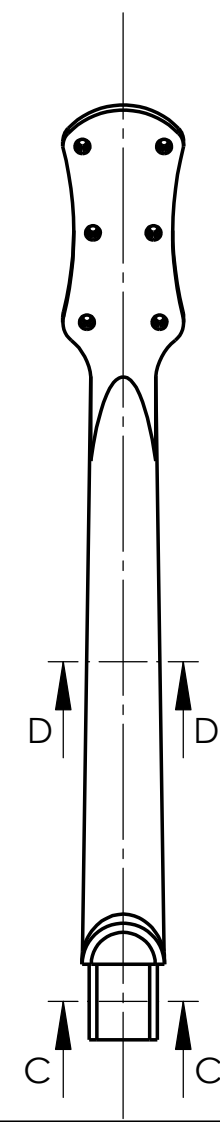
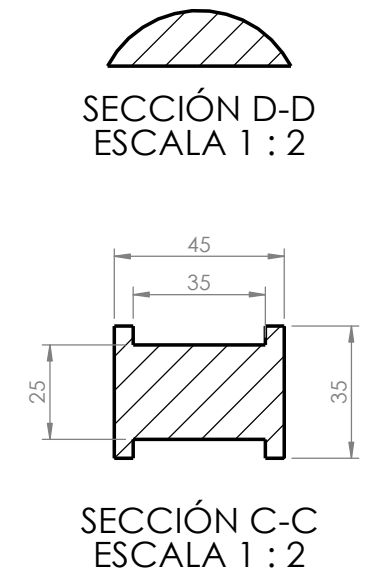
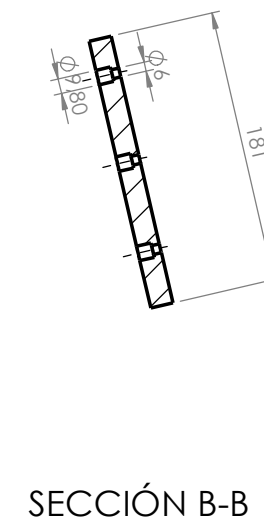
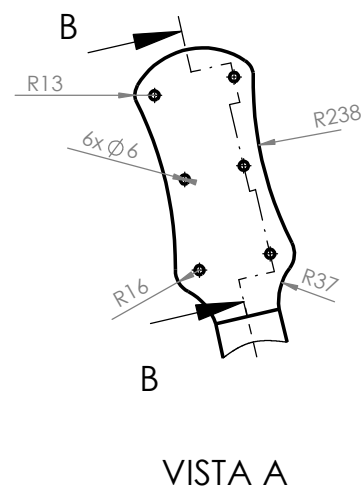
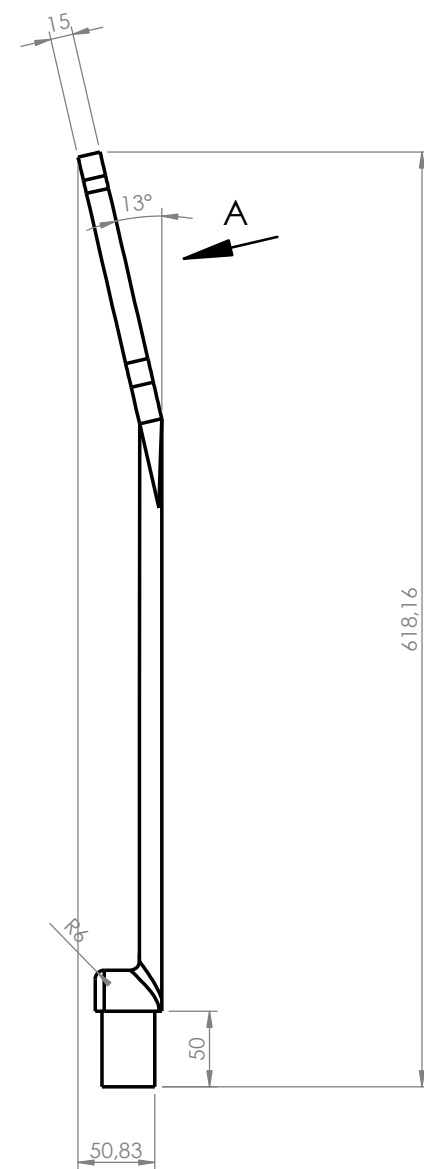
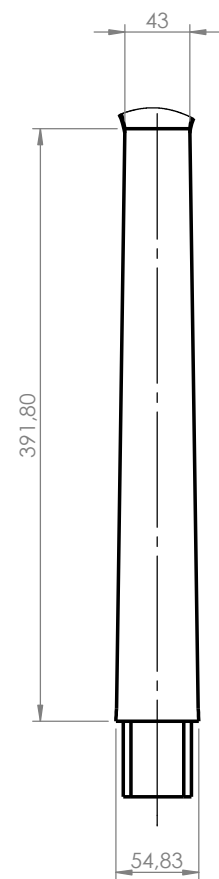
PLANOS



Ensamblaje	84
Plano 1	86
Plano 2	88
Plano 3	90
Plano 4	92
Plano 5	94
Plano 6	96
Plano 7	98
Plano 8	100
Plano 9	102

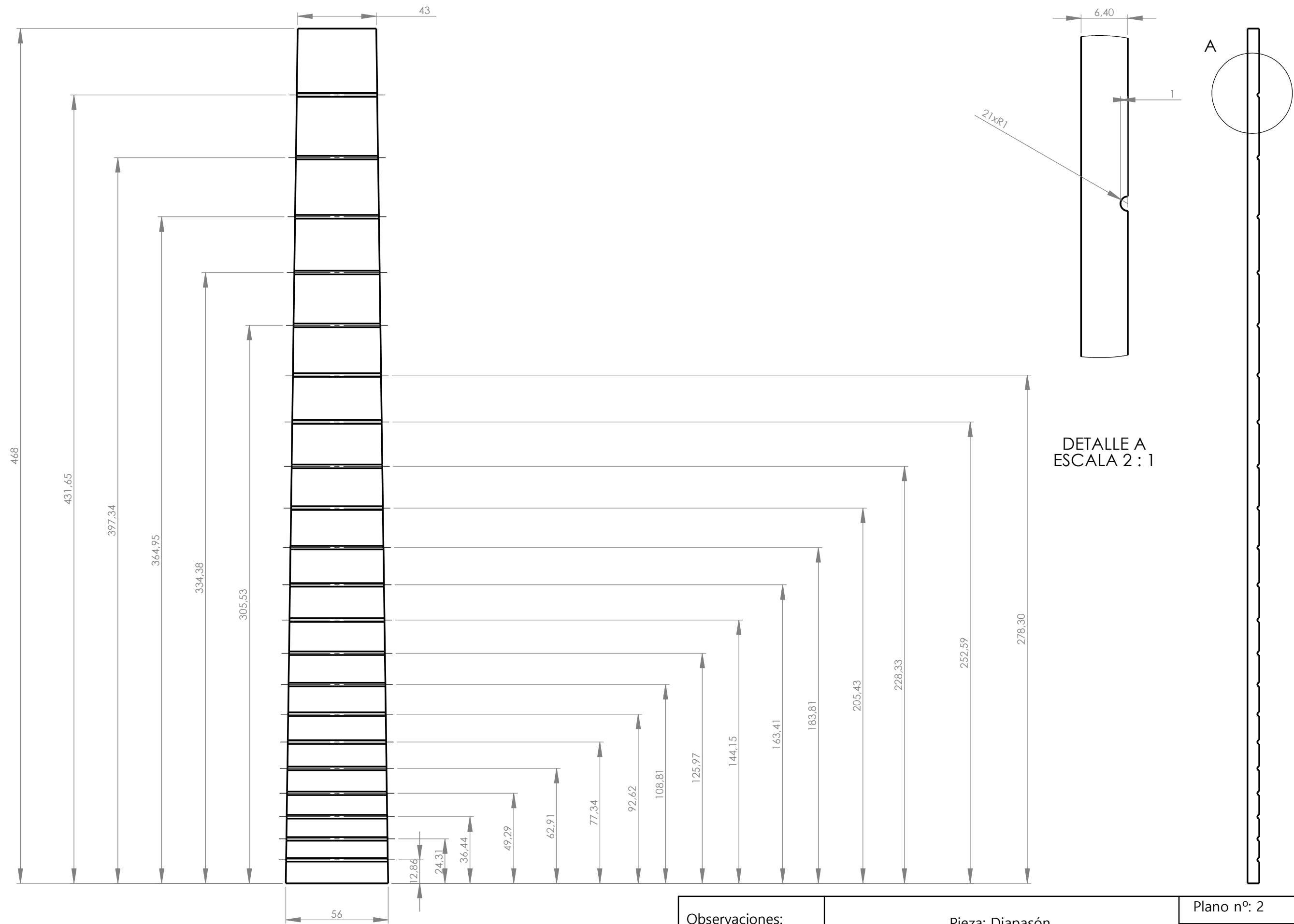



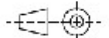
Nº DE ELEMENTO	PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	Nº DE PLANO
1	Mástil	Arce	1		1
2	Cejilla	Desconocido	1		
3	Diapasón	Richlite	1		2
4	Clavijas afinadoras	Acero cromado	1		
5	Cuerpo	Fresno	1		3
6	Golpeador	PMMA	1		4
7	Pastillas single coil	AlNiCo	2		
8	Pastillas Humbucker	AlNiCo	1		
9	Puente ToM	Acero cromado	1		
10	Alojamiento altavoces	ABS	1		5
11	Altavoces	Desconocido	2		
12	Batería	Li-Ion	1		
15	Tapa frontal altavoces	ABS	1		6
16	Rejilla	Acero	1	ASTM 304	7
17	Tapa trasera altavoces	Li-Ion	1		8
18	Carcasa	ABS	1		9
19	Soporte móvil	ABS	1		
20	Tornillo golpeador	Acero cromado	9	UNE 017	
21	Tornillo soporte	Acero	1		
23	Tornillos pastillas	Acero Ccromado	6	UNE 018	

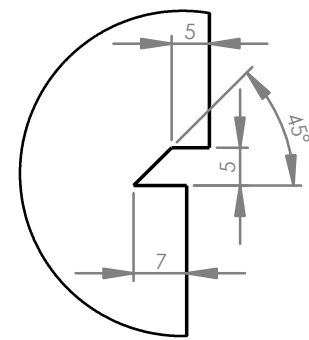
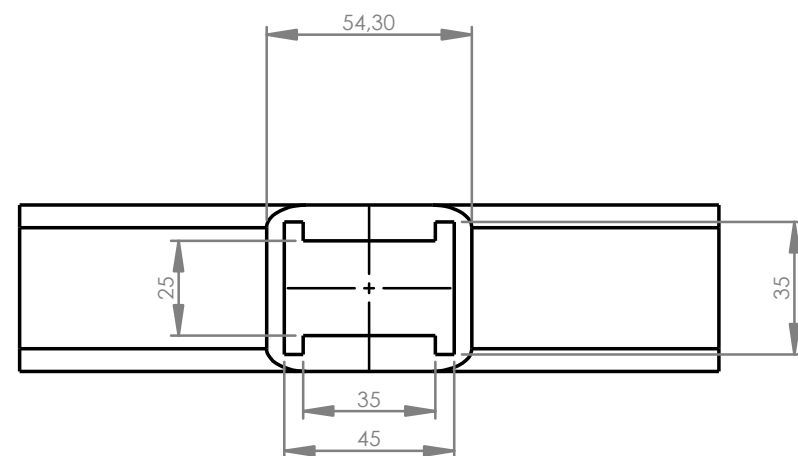
Observaciones:		Ensamblaje		Plano nº:
				Hoja nº:
Escala 1:10	Un. dim. mm	 Escuela Superior de Tecnología	Creado: Marc Pedra Serret	Fecha:
			Comprobado: Jaume Gual Ortí	



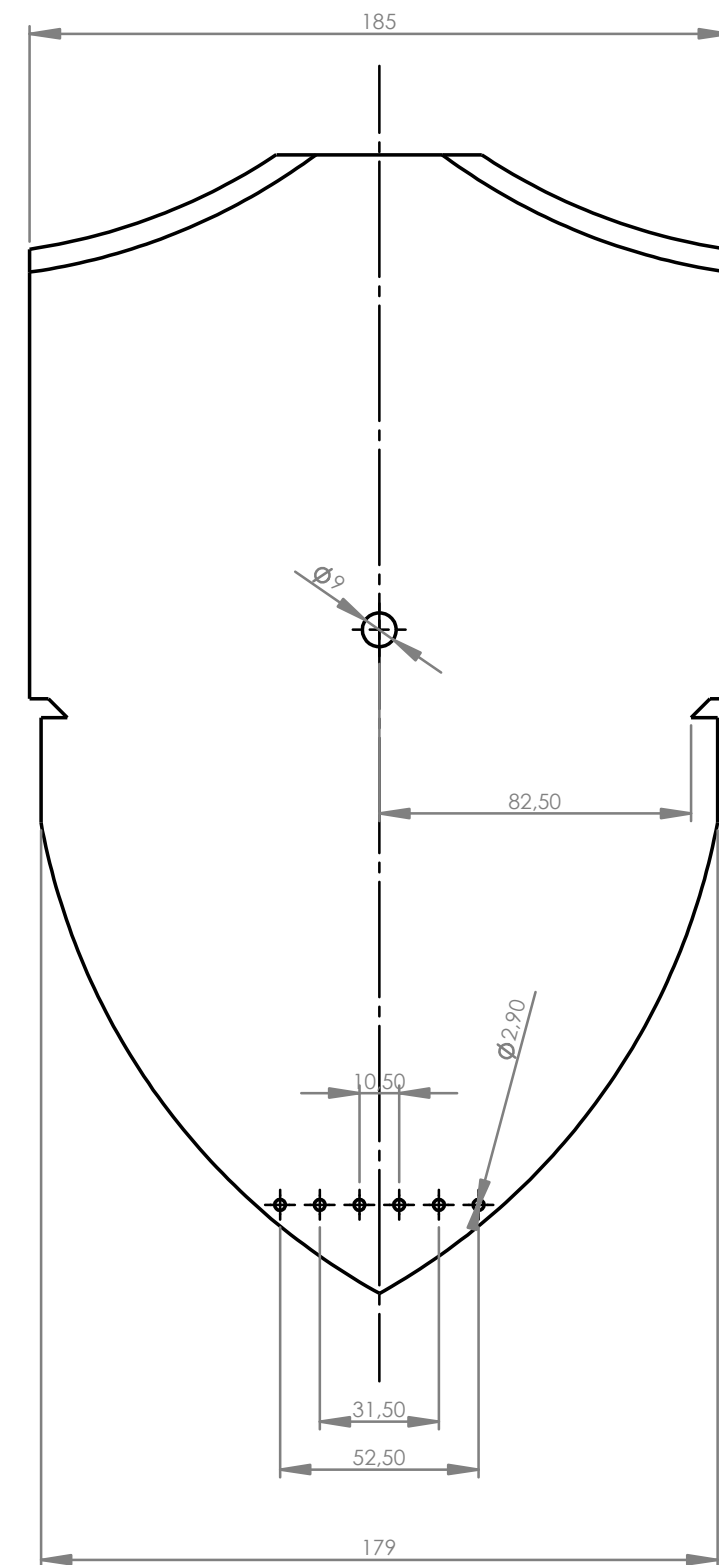
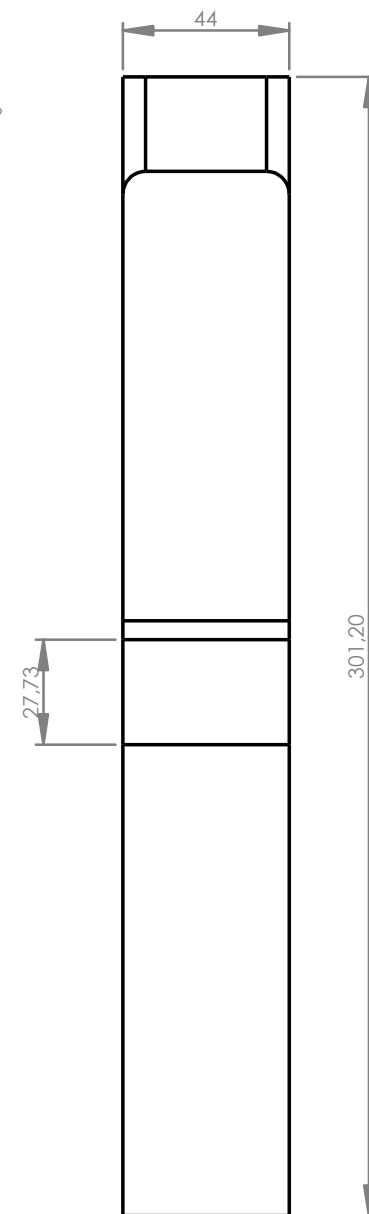
Observaciones:		Pieza: Mástil		Plano nº: 1
				Hoja nº:
Escala 1:5	Un. dim. mm	 Escuela Superior de Tecnología	Creado: Marc Pedra Serret	Fecha:
			Comprobado: Jaume Gual Ortí	



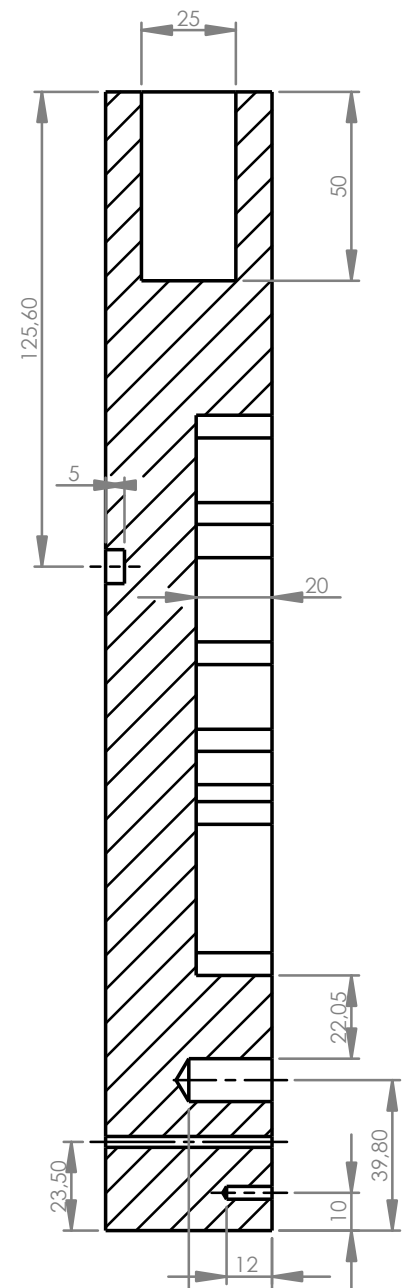
Observaciones:		Pieza: Diapasón		Plano nº: 2
				Hoja nº:
Escala 1:2	Un. dim. mm	 Escuela Superior de Tecnología	Creado: Marc Pedra Serret	Fecha:
			Comprobado: Jaume Gual Ortí	





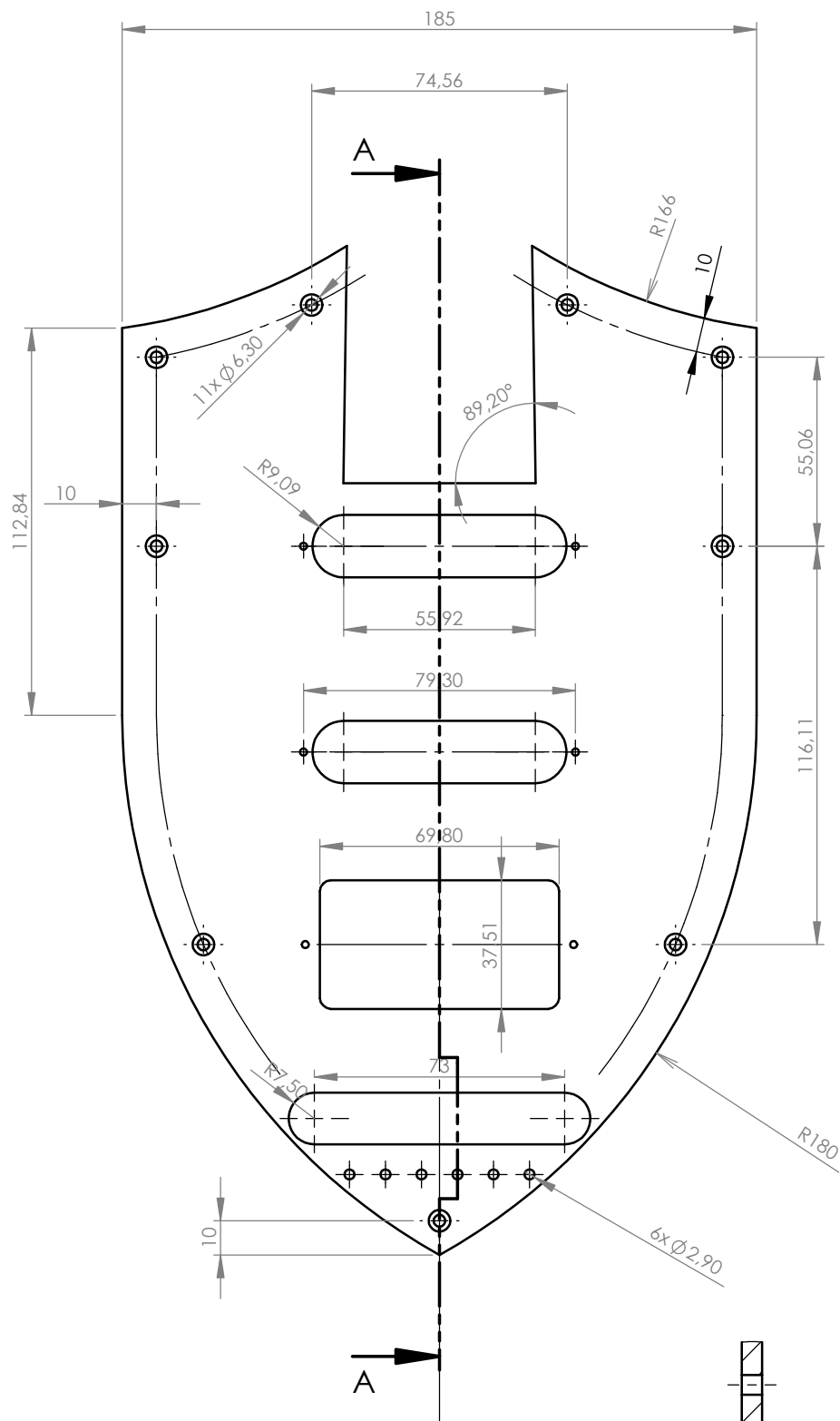
DETALLE EN
ESCALA 1 : 1



SECCIÓN EM-EM





Observaciones:		Pieza: Cuerpo		Plano nº: 3
				Hoja nº:
Escala 1:2	Un. dim. mm	 Escuela Superior de Tecnología	Creado: Marc Pedra Serret	Fecha:
			Comprobado: Jaume Gual Ortí	

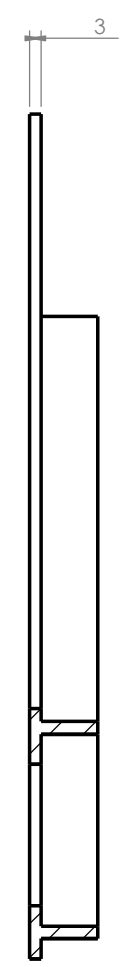
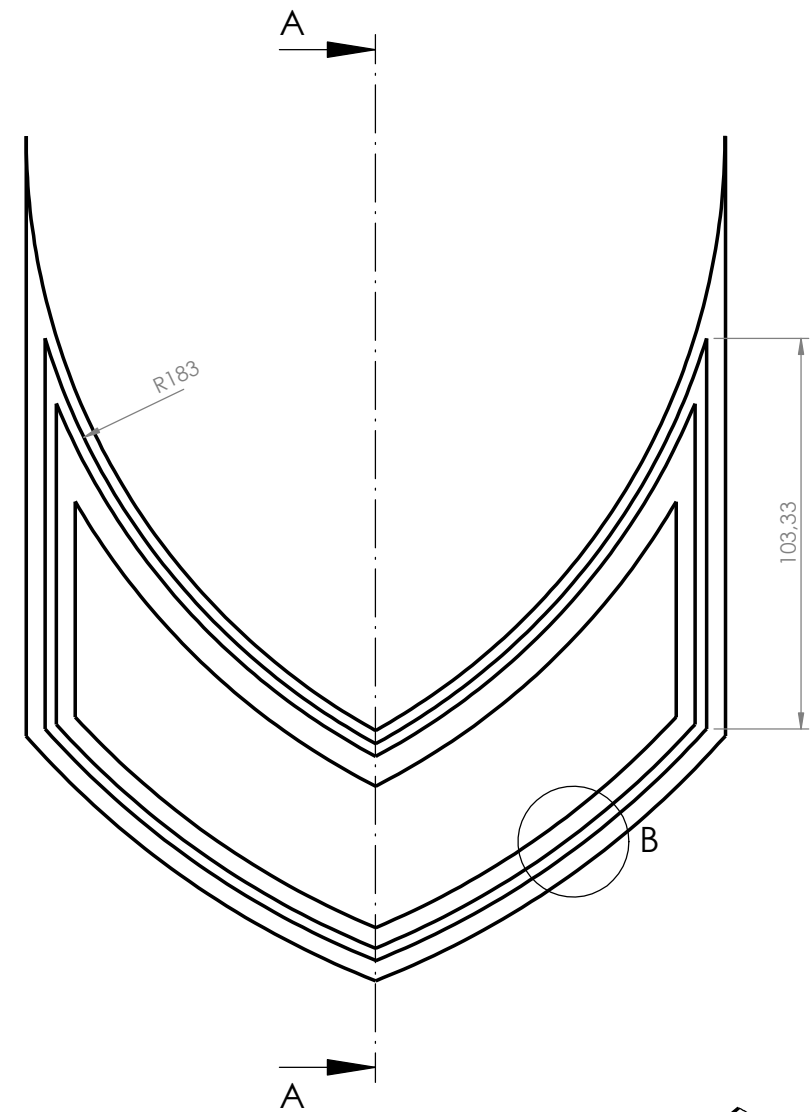
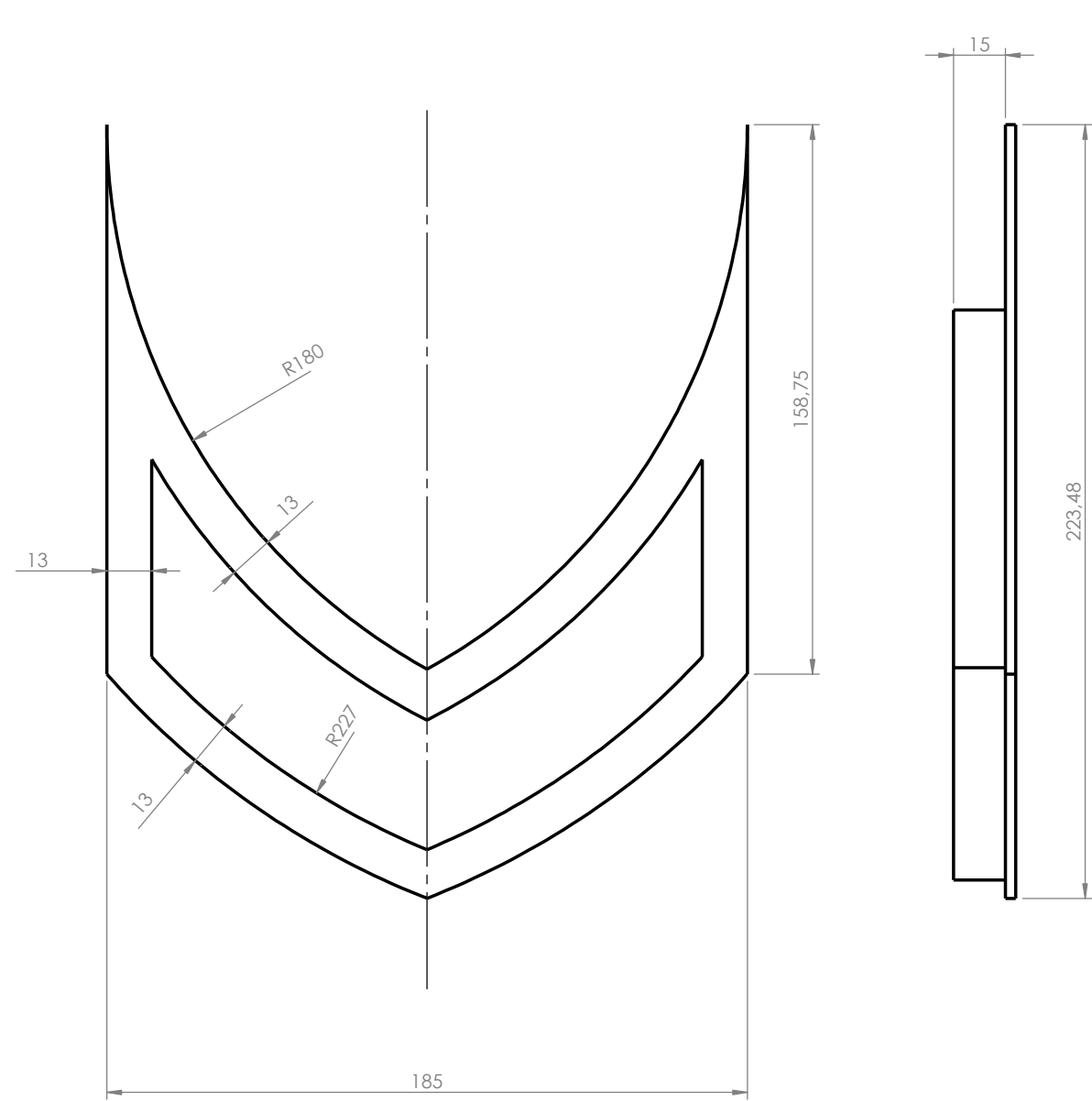


SECCIÓN A-A

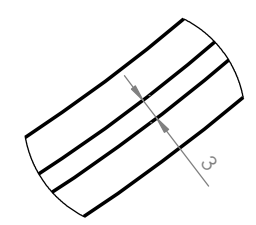
DETALLE B
ESCALA 1 : 1

Observaciones		Pieza: Golpeador		Plano nº: 4
				Hoja nº:
Escala 1:2	Un. dim. mm 	 Escuela Superior de Tecnología	Creado: Marc Pedra Comprobado: Jaume Gual Ortí	Fecha:



Fecha:

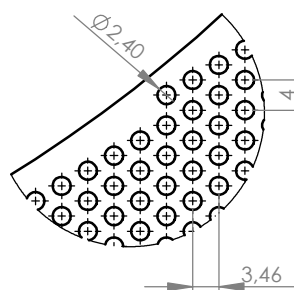
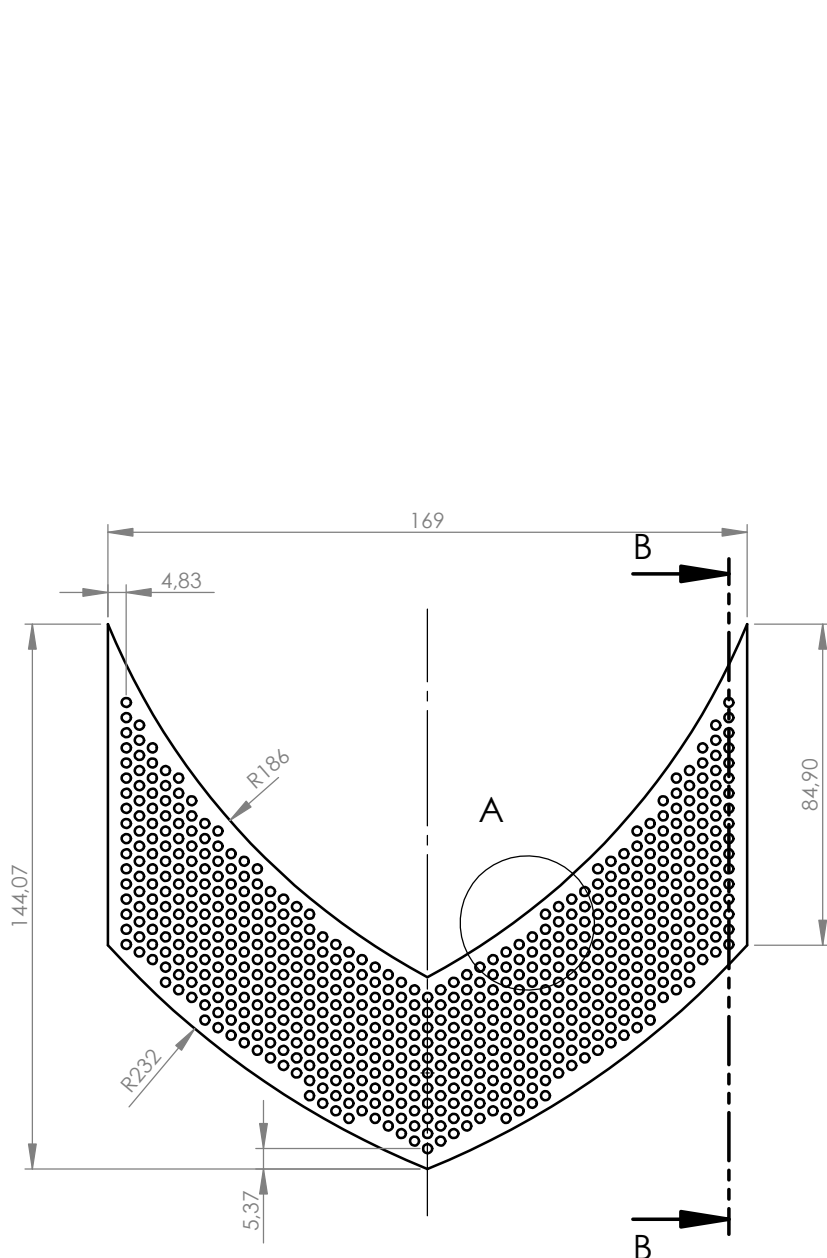


SECCIÓN A-A

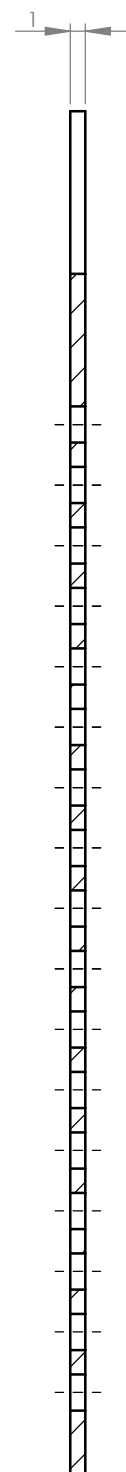


DETALLE B
ESCALA 1 : 1



Observaciones:		Pieza: Tapa frontal altavoces		Plano nº: 6
				Hoja nº:
Escala 1:2	Un. dim. mm	 Escuela Superior de Tecnología	Creado: Marc Pedra Serret	Fecha:
			Comprobado:	

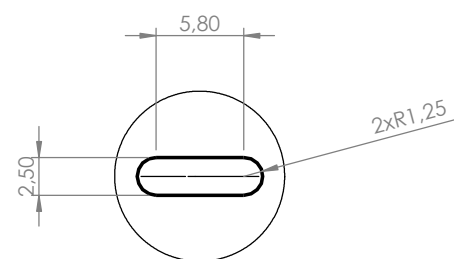
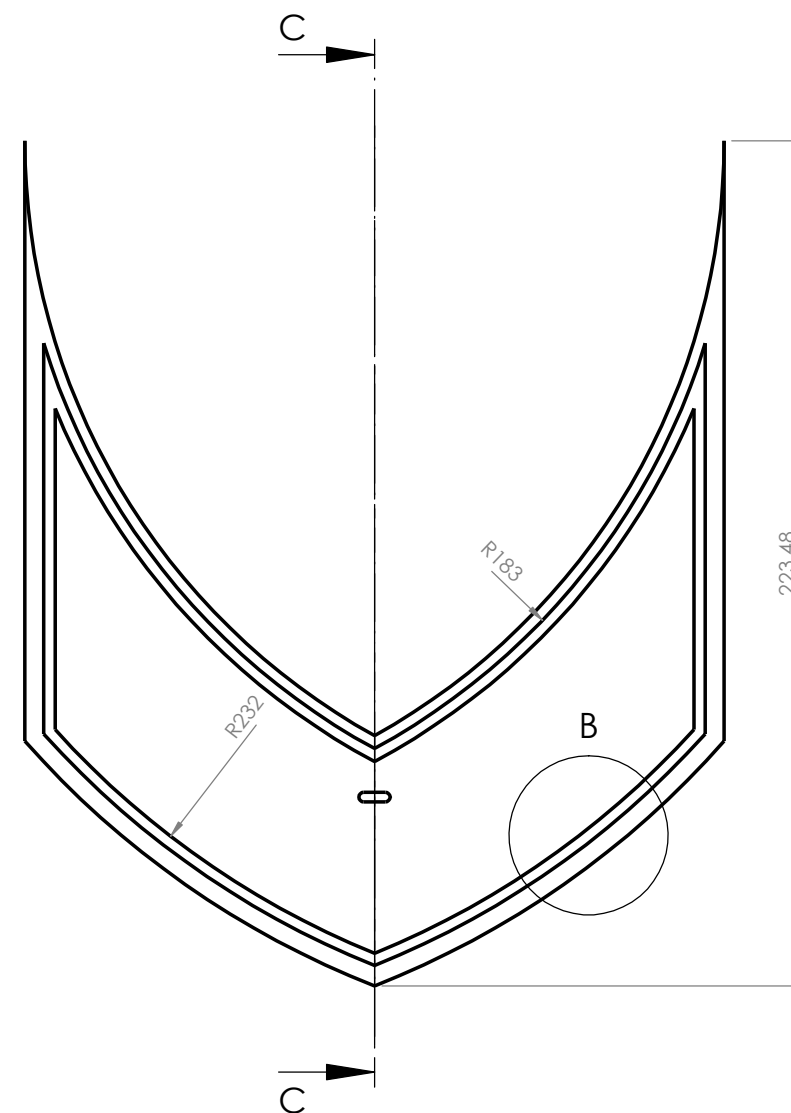
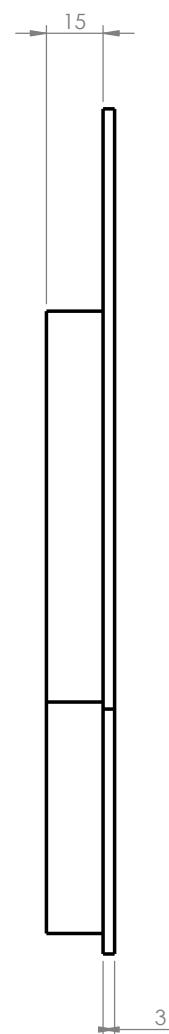
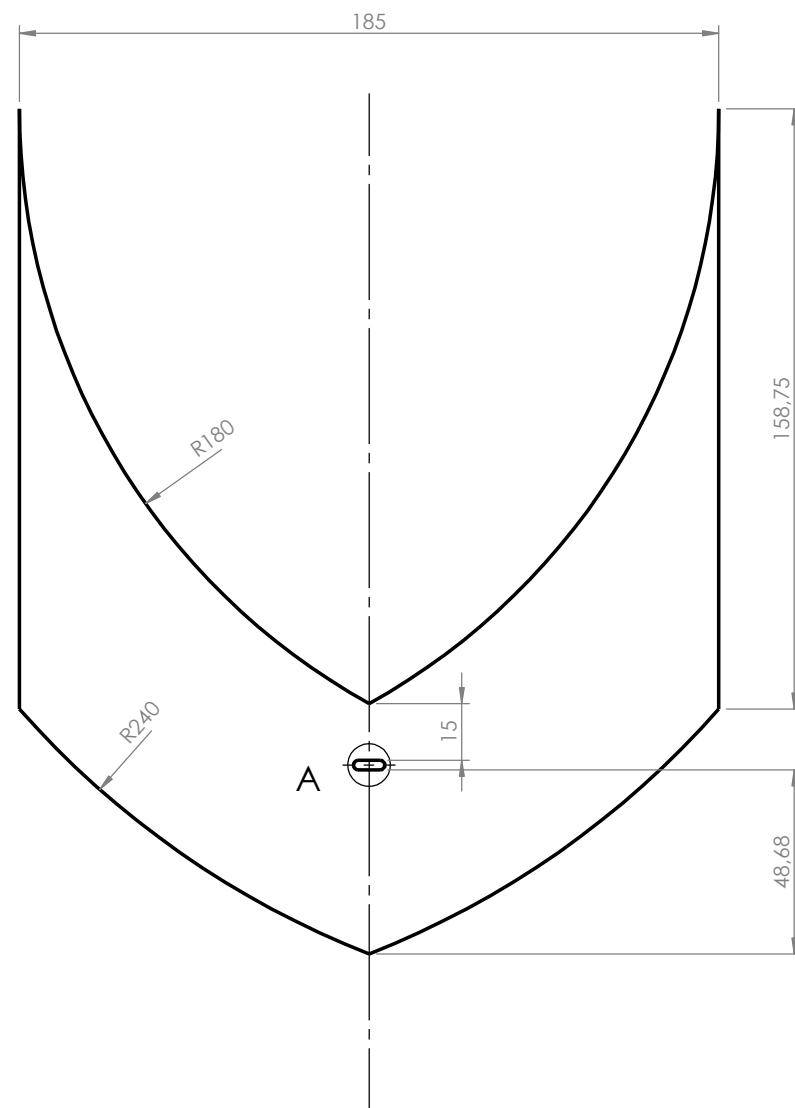


DETALLE A
ESCALA 1 : 1

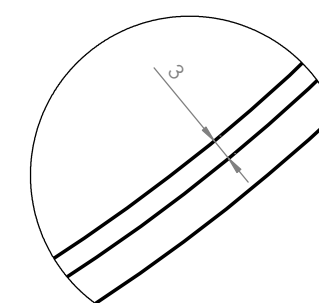


SECCIÓN B-B
ESCALA 2 : 1

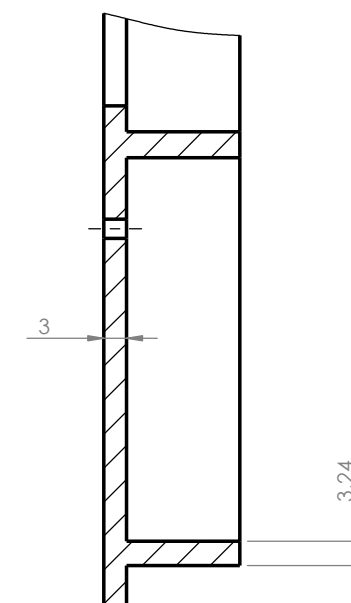
Observaciones		Pieza: Rejilla		Plano nº: 7
				Hoja nº:
Escala 1:2	Un. dim. mm	 Escuela Superior de Tecnología	Creado: Marc Pedra	Fecha:
			Comprobado: Jaume Gual Ortí	





DETALLE A
ESCALA 2 : 1

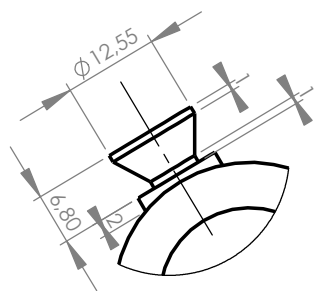


DETALLE B
ESCALA 1 : 1

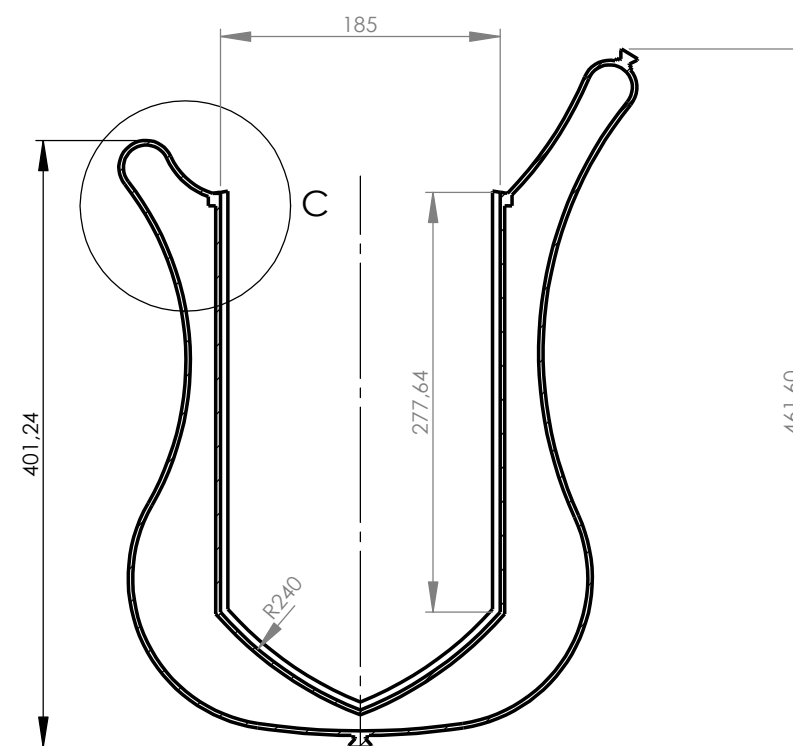
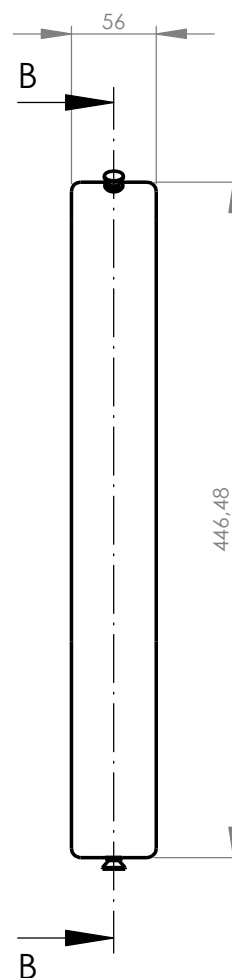
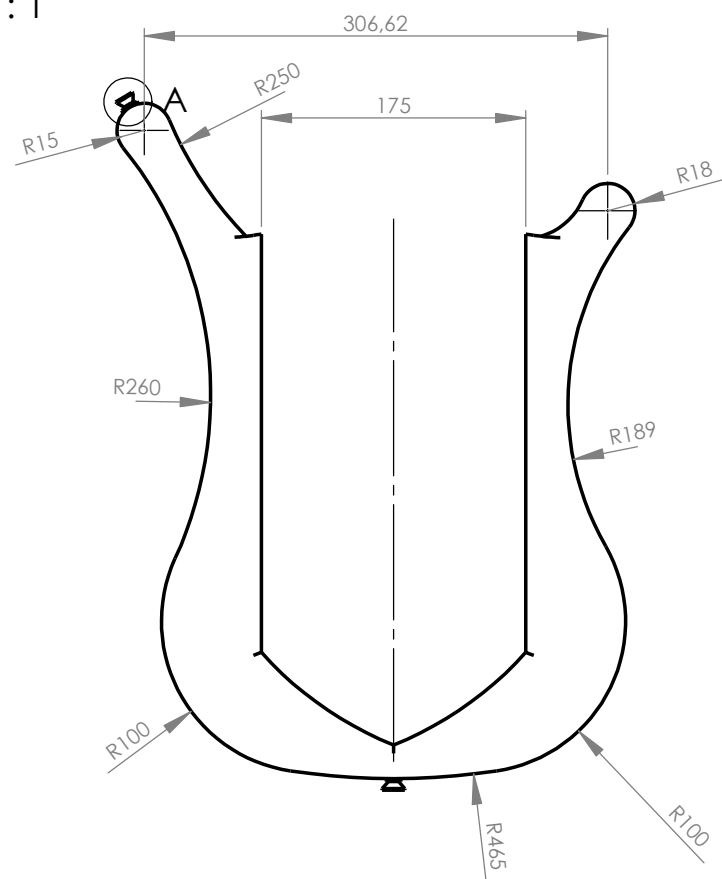


SECCIÓN C-C
ESCALA 1 : 1

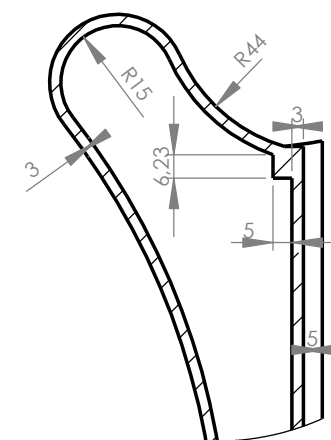
Observaciones:		Pieza: Tapa trasera altavoces		Plano nº: 8
				Hoja nº:
Escala 1:2	Un. dim. mm	 Escuela Superior de Tecnología	Creado: Marc Pedra Serret	Fecha:
			Comprobado: Jaume Gual Ortí	



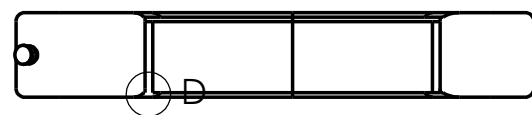
DETALLE A (x2)
ESCALA 1 : 1





SECCIÓN B-B



DETALLE C
ESCALA 1 : 2



DETALLE D
ESCALA 1 : 2

Observaciones:		Pieza: Carcasa		Plano nº: 9
				Hoja nº:
Escala 1:5	Un. dim. mm	 Escuela Superior de Tecnología	Creado: Marc Pedra Serret	Fecha:
			Comprobado: Jaume Gual Ortí	

PRESUPUESTO Y ESTADO DE MEDICIONES

Índice

1. Estado de mediciones.....	110
1.1. Piezas que conforman el producto.....	110
1.1.1. Piezas diseñadas y fabricadas específicamente.....	110
1.1.2. Piezas adquiridas a un proveedor externo.....	111
1.2. Cálculo del peso	111
1.3. Tiempo teórico del ensamblaje	112
1.4 Tiempo de fabricación	113
1.4.1. Tiempo de fresado	114
1.4.2. Tiempo de inyección	114
1.4.3. Operaciones de acabado	115
2. Presupuesto.....	115
2.1. Coste de las piezas:	115
2.1.1. Coste de las piezas de fabricación propia:	115
2.2. Coste de las piezas compradas.....	117
2.4. Costes procesos y montajes.....	117
2.3.1. Mano de obra directa	117
2.3.2. Gastos de taller.....	119
2.3.3. Costes indirectos.....	120
2.3.4. Coste industrial	120
2.3.5. Distribución y marketing	120
2.3.6. Precio de venta al público	120
2.3.7. Precio de venta al público con IVA.....	120

1. Estado de mediciones

En este apartado se detallará una lista completa de piezas que componen el producto, el número de cada una de ellas y los tiempos de fabricación y montaje.

1.1. Piezas que conforman el producto.

En este apartado enumeraremos la cantidad de piezas que conforman el producto, así como la cantidad de cada una de ellas que hay en el producto final, el material del que están hechas, sus medidas generales y su masa.

1.1.1. Piezas diseñadas y fabricadas específicamente.

En la Tabla 1 podemos ver un listado de aquellas piezas que se conformarán en nuestras instalaciones.

Nº de pieza	Pieza	Cantidad	Material	Medidas (mm)
1	Mástil	1	Madera de arce	618x55X51
3	Diapasón	1	Richlite	468x56x6,4
4	Clavijas afinadoras	6	Acero niquelado	7x7x6,5
5	Cuerpo	1	Madera de fresno	301x179x44
6	Golpeador	1	PMMA	294x184x3
10	Alojamiento altavoces	1	ABS	223x185x44
16	Tapa frontal altavoces	1	ABS	223,48x185x18
17	Rejilla	1	Acero	144x169x1
18	Tapa trasera altavoces	1	ABS	223,48x185x18
19	Carcasa	1	ABS	461,60x339,62x56

Tabla 1: Piezas diseñadas y fabricadas específicamente.

1.1.2. Piezas adquiridas a un proveedor externo.

Nº de pieza	Pieza	Cantidad	Material	Medidas (mm)
2	Cejilla	1	Desconocido	8,2x43x6,3
4	Clavijas afinadoras	6	Acero niquelado	7x7x6,5
7	Pastillas single coil	2	Alnico	79x16x21
8	Pastilla humbucker	1	Alnico	79x38x21
9	Puente tune-o-matic	1	Acero niquelado	84x14x12,6
11	Altavoces	2	Desconocido	Ø40
12	Batería	1	Li-Ion	Ø18x65
13	PCB Receptor bluetooth	1	Desconocido	Desconocidas
15	Conector USB C Hembra	1	Desconocido	2,5x8,5x7,85
20	Soporte móvil	1	ABS y Silicona	39x79x17
21	Tornillos golpeador	6	Acero cromado	6,5x12
22	Tornillo soporte	4	Acero cromado	4x12

Tabla 2: Piezas adquiridas a un proveedor externo.

1.2. Cálculo del peso

Se realizará el cálculo del peso con el fin de averiguar cuánta granza de material plástico se necesitará para en conformado de cada pieza y, además, para comprobar que el peso total del producto esté dentro de los requerimientos que se marcaron al inicio del proyecto.

Nº de pieza	Pieza	Masa (g)
1	Mástil	305,07
2	Cejilla	2,76
3	Diapasón	178,10
4	Clavijas afinadoras	185,00
5	Cuerpo	1091,37
6	Golpeador	119,15
7	Pastillas single coil	73,00
8	Pastilla humbucker	122,00
9	Puente tune-o-matic	130,00
10	Alojamiento altavoces	156,38
11	Altavoces	156,38

12	Batería	50,00
13	PCB Receptor bluetooth	44,00
15	Conector USB C Hembra	15,00
16	Tapa frontal altavoces	95,37
17	Rejilla	47,43
18	Tapa trasera altavoces	82,50
19	Carcasa	609,81
20	Soporte móvil	50,00
21	Tornillo golpeador	10,00
22	Tornillos soporte	5,00
23	Cableado	5,00
TOTAL		3533,32

Tabla 3: Peso por cada pieza y total del producto

Como podemos ver en la *Tabla 3*, el peso entra dentro de los requisitos.

1.3. Tiempo teórico del ensamblaje

Utilizaremos la metodología de Boothroyd Dewhurst para averiguar el tiempo de ensamblaje teórico del producto. Es posible que se aleje de la realidad pero nos dará un orden de magnitud de cuánto tiempo se emplea ensamblandola guitarra.

Nº	Can tida d	Pieza	α	β	$\alpha + \beta$	CM	Tm (s)	CI	Ti (s)	TOP (s)	TIEMP O TOTAL
1	1	Mástil	360	36 0	72 0	30	1,95	06	5,5	7,45	7,45
2	1	Cejilla	360	36 0	72 0	30	1,95	06	5,5	7,45	7,45
3	1	Diapasón	360	36 0	72 0	30	1,95	06	5,5	7,45	7,45
4	6	Clavijas afinadoras	360	36 0	72 0	30	1,95	06	5,5	7,45	44,7
5	1	Cuerpo	360	0	36 0	10	1,5	00	1,5	3	3
6	1	Golpeador	360	36 0	72 0	30	1,95	06	5,5	7,45	7,45

7	2	Pastillas single coil	360	36 0	72 0	30	1,95	06	5,5	7,45	14,9
8	1	Pastilla humbucker	360	36 0	72 0	30	1,95	06	5,5	7,45	7,45
9	1	Puente tune-o-matic	360	36 0	72 0	30	1,95	00	1,5	3,45	3,45
10	1	Alojamiento o altavoces	360	36 0	72 0	30	1,95	01	2,5	4,45	4,45
11	2	Altavoces	360	0	36 0	10	1,5	01	2,5	4	8
12	1	Batería	0	18 0	18 0	0	1,13	00	1,5	2,63	2,63
13	1	PCB Receptor bluetooth	360	18 0	54 0	20	1,8	00	1,5	3,3	3,3
15	1	Conector USB C Hembra	360	36 0	72 0	31	2,25	01	2,5	4,75	4,75
16	1	Tapa frontal altavoces	360	36 0	72 0	30	1,95	01	2,5	4,45	4,45
17	1	Rejilla	360	36 0	72 0	30	1,95	01	2,5	4,45	4,45
18	1	Tapa trasera altavoces	360	36 0	72 0	30	1,95	01	2,5	4,45	4,45
19	1	Carcasa	360	36 0	72 0	30	1,95	01	2,5	4,45	4,45
20	1	Soporte móvil	0	36 0	36 0	10	1,13	30	3,5	4,63	4,63
21	6	Tornillos Phillips	0	36 0	36 0	11	1,8	30	3,5	5,3	31,8
22	4	Tornillo soporte	0	36 0	36 0	11	1,8	30	3,5	5,3	21,2
TOTAL											212,04

Tabla 4: Metodología de Boothroyd Dewhurst

1.4 Tiempo de fabricación

1.4.1. Tiempo de fresado

Nº de pieza	Pieza	Cantidad	Tiempo fresado (min)	Tiempo amarres y reamarres	TIEMPO TOTAL
1	Mástil	1	10	5	15
3	Diapasón	1	4	3	7
5	Cuerpo	1	8	4	12
6	Golpeador	1	5	1	6

Tabla 5: Tiempos de fabricación de las piezas a fresar

1.4.2. Tiempo de inyección

Pieza	Cantidad	Masa	Velocidad de inyección (g/s)	Tiempo de inyección (s)	Tiempo de enfriamiento	TOTAL
Alojamiento o altavoces	1	156,38	25	6,26	18,77	25,02
Tapa frontal altavoces	1	95,37	25	3,81	11,44	15,26
Tapa trasera altavoces	1	82,50	25	3,30	9,90	13,20
Carcasa	1	609,81	25	24,39	73,18	97,57

Tabla 6: Tiempos de fabricación de las piezas a inyectar

1.4.3. Operaciones de acabado

Nº de pieza	Pieza	Tiempo lijado (s)	Tiempo barnizado (s)	Tiempo acabado (s)
1	Mástil	10	2	12
3	Diapasón	2	0	2
5	Cuerpo	4	2	6

Tabla 7: Tiempos de acabado de las piezas a lijar y barnizar

2. Presupuesto

En este apartado vamos a estudiar los costes que repercuten al producto de forma directa e indirecta.

2.1. Coste de las piezas:

2.1.1. Coste de las piezas de fabricación propia:

Partiendo de las siguientes materias primas:

Material	Precio
Tablero de Arce Europeo Quartersawn 720x100x25	12,25 €
Lámina de Richlite 508x57,15x5,55	12,79 €
Tablero de fresno 530x360x45	69,05 €
Lámina de PMMA	3€/Kg
Granza ABS	2€/Kg

Láminas Acero ASTM 304	1€/Kg
------------------------------	-------

Tabla 8: Coste de las materias primas

En la Tabla siguiente se mostrará el precio unitario de cada pieza fabricada usando las materias primas anteriores.

Nº de pieza	Pieza	Cantidad	Material	Medidas (mm)	Precio bruto de partida	Masa (g)	Coste piezas(€)
1	Mástil	1	Madera de arce	618x55X51	12,05	305,07	12,05 €
3	Diapasón	1	Richlite	468x56x6,4	14	178,10	14,00 €
5	Cuerpo	1	Madera de fresno	301x179x44	69,05	1091,37	34,53 €
6	Golpeador	1	PMMA	294x184x3	3	119,15	0,36 €
10	Alojamiento o altavoces	1	ABS	223x185x44	2	156,38	0,31 €
16	Tapa frontal altavoces	1	ABS	223,48x185x18	2	95,37	0,19 €
17	Rejilla	1	Acero	144x169x1	1	47,43	0,05 €
18	Tapa trasera altavoces	1	ABS	223,48x185x18	2	82,50	0,17 €
19	Carcasa	1	ABS	461,60x339,62x56	2	609,81	1,22 €
TOTAL							62,87 €

Tabla 9: Coste piezas de fabricación propia

2.2. Coste de las piezas compradas

En este apartado se considera el coste de las piezas que se adquieren terminadas de fábrica y que se añadirán al producto final.

Nº de pieza	Pieza	Cantidad	Material	Medidas (mm)	€/pieza comprada
2	Cejilla	1	Desconocido	8,2x43x6,3	3,00 €
4	Clavijas afinadoras	6	Acero niquelado	7x7x6,5	2,99 €
7	Pastillas single coil	2	Alnico	79x16x21	22,00 €
8	Pastilla humbucker	1	Alnico	79x38x21	11,00 €
9	Puente tune-o-matic	1	Acero niquelado	84x14x12,6	1,23 €
11	Altavoces	2	Desconocido	Ø40	4,00 €
12	Batería	1	Li-Ion	Ø18x65	2,50 €
13	PCB Receptor bluetooth	1	Desconocido	Desconocido	4,00 €
15	Conector USB C Hembra	1	Desconocido	2,5x8,5x7,85	0,25 €
20	Soporte móvil	1	ABS y Silicona	39x79x17	2,50 €
21	Tornillos Phillips	6	Acero cromado	6,5x12	0,36 €
22	Tornillos soporte	4	Acero cromado	4x12	0,40 €
TOTAL					54,23 €

Tabla 10: Coste de las piezas compradas

2.4. Costes procesos y montajes

En este apartado se tiene en cuenta el coste por pieza de la fabricación y montaje.

2.3.1. Mano de obra directa

En la Tabla X podemos ver cómo repercute el coste de la mano de obra al precio de cada pieza.

Proceso de fabricación	Puesto	Sueldo (€/h)	Tarea	Tiempo (min)	Coste/pieza
Fresado	Of. segunda	8	Amarres y	15	2,00 €

			reamarre s		
Pegado	Ayudante	6	Pegado	2	0,20 €
Serrado	Of. segunda	8	Serrado y encolado	15	2,00 €
Montaje	Of. segunda	6	Atornillad o	10	1,00 €
Fresado	Of. segunda	8	Control proceso	25	3,33 €
Fresado	Of. segunda	8	Control proceso	1	0,13 €
Soldadura con estaño	Of. segunda	8	Montaje y soldadur a	10	1,33 €
Soldadura con estaño	Of. segunda	8	Montaje y soldadur a	5	0,67 €
Montaje	Of. segunda	8	Montaje	8	1,07 €
Inyección	Of. segunda	8	Control proceso	0,2	0,03 €
Montaje	Ayudante	4	Montaje	2	0,13 €
Montaje	Ayudante	4	Montaje y pegado	2	0,13 €
Montaje	Ayudante	4	Montaje y pegado	3	0,20 €
Montaje	Ayudante	4	Montaje y pegado	4	0,27 €
Inyección	Of. segunda	8	Control proceso	0,5	0,07 €
Perforado y troquelado	Of. segunda	8	Control proceso	1	0,13 €
Inyección	Of. segunda	8	Control proceso	0,5	0,07 €
Inyección	Of. segunda	8	Control proceso y soldadur a	10	1,33 €
Montaje	Ayudante	4	Atornillad o	0,1	0,01 €
Montaje	Ayudante	4	Atornillad o	0,2	0,01 €
Montaje	Ayudante	4	Atornillad o	0,3	0,02 €
Soldadura con estaño	Ayudante	4	Soldadur a	0,4	0,03 €

Tabla 11: Coste de la mano de obra

2.3.2. Gastos de taller

En la Tabla X podemos observar cuánto se gasta en maquinaria, elementos de unión, etc. por pieza.

Equipo	Precio máquina	Precio hta o molde o consumible	Vida útil (piezas)	Coste por pieza
Fresadora CNC	40.000,00 €	4,00 €	100	54,76 €
Adhesivo		4,00 €	100	3,24 €
Cola	195,00 €	8,00 €	1000	16,20 €
Destornillador	70,00 €	4,00 €	1000	4,06 €
Fresadora CNC		4,00 €	100	38,37 €
Cortadora láser	20.000,00 €	0,00 €	50000	20,13 €
Soldador de electrónica	8,00 €	0,00 €	10000	23,34 €
Soldador de electrónica	8,00 €	0,00 €	10000	11,67 €
Ninguno				2,30 €
Inyectora	30.000,00 €	5.000,00 €	500000	30,04 €
Pegamento		4,00 €	100	4,17 €
Pegamento		4,00 €	100	2,67 €
Pegamento		4,00 €	100	4,24 €
Pegamento		4,00 €	100	0,41 €
Pegamento		4,00 €	100	0,56 €
Inyectora		5.000,00 €	500000	0,08 €
Prensa para punzonado y troquelado	10.000,00 €	1.000,00 €	1000	11,13 €
Inyectora		5.000,00 €	500000	0,08 €
Inyectora y hta caliente	1.000,00 €	10.000,00 €	500000	2,35 €
Destornillador	70,00 €	4,00 €	1000	2,58 €
Destornillador		4,00 €	1000	0,38 €
Destornillador		4,00 €	1000	0,42 €
Soldador de electrónica			1000	0,03 €
Destornillador		4	1000	0,24 €
TOTAL				181,27 €

Tabla 12: Gastos de taller

2.3.3. Costes indirectos

Los costes indirectos (Iluminación, alquileres, carretilleros, administrativos...) del producto se consideran como un 10% de los costes directos, lo que representa una cifra de: 18,13€

2.3.4. Coste industrial

El coste industrial del producto final es la suma de los costes directos y los indirectos de todas las piezas, haciendo los cálculos es de 199,39 €

2.3.5. Distribución y marketing

Para la distribución y el marketing del producto se le asignará un presupuesto del 20% del coste industrial. Este coste es de 39,88 € por producto.

2.3.6. Precio de venta al público

Como pretendemos tener un beneficio del 30% del coste total del producto, el Precio de Venta al Público sin IVA será de 311,05 €.

2.3.7. Precio de venta al público con IVA

Como en España el Impuesto sobre el Valor Añadido para los instrumentos musicales es de un 21%, el precio final que pagará el cliente será de 376,37 €.

2.3.7. Precio de venta al público con IVA

El PVP con IVA entra dentro del rango de precios que nos marcamos al inicio del proyecto, al precio más bajo que se propuso.

PLIEGO DE CONDICIONES

Índice

1. Identificación y objeto del proyecto	125
2. Proveedores	125
3. Descripción de materiales y acabados.....	129
3.1. Madera de fresno	129
3.2. Madera de arce americano	130
3.3. PMMA:	131
3.4. ABS	132
3.5. Richlite	133
5. Descripción de maquinaria y procesos	134
5.1. Maquinaria.....	134
5.2. Procesos	137
5.2.1. Inyección de Plásticos:.....	137
5.2.2. Soldadura de plásticos mediante herramienta caliente:.....	138

1. Identificación y objeto del proyecto

En este documento se presenta el pliego de condiciones, que tiene como misión establecer las condiciones técnicas, económicas, administrativas y legales para que el objeto del proyecto pueda materializarse en las condiciones especificadas.

El objetivo del proyecto es diseñar una guitarra eléctrica con conectividad para Smartphone que sea lo más accesible posible al usuario principiante y que le dé la mayor versatilidad posible aprovechando las capacidades de los Smartphones actuales de emular sonidos de amplificación.

2. Proveedores

Pieza	Nombre del proveedor	Página web
Mástil	Madinter	https://www.madinter.com/es/mango-de-arce-europeo-quartersawn-720x100x25-30mm.html
Cejilla	Shenzhen Jouyar Technology Co., Ltd.	https://www.alibaba.com/product-detail/6-strings-Guitar-Nut_60764010519.html?spm=a2700.7724838.2017115.1.75004ea158Zfbx
Diapasón	Balsam Banjoworks	https://balsambanjoworks.com/product/richlite-fingerboards/
Clavijas afinadoras	Shenzhen Hao Huo Tong Technology Co., Ltd.	https://www.alibaba.com/product-detail/Guitar-Tuner-Head-3-Left-3_62274526057.html?spm=a2700.7724838.2017115.13.3f204f4f5STCDC&s=p
Cuerpo	Madinter	https://www.madinter.com/es/cuerpo-swamp-ash-guitarra-bajo-3-piezas-encolado-530mm.html
Golpeador	Ningbo Yinzhou Hines Rubber & Plastic Co., Ltd.	https://www.alibaba.com/product-detail/OEM-Different-Size-Laser-

		Acrylic-PMMA 927415431.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.52a67d46nnQL9j&s=p
Pastillas single coil		https://es.aliexpress.com/item/32999798108.html?spm=a2q0o.detail.1000013.3.35935de3wNyR1d&qps-id=pcDetailBottomMoreThisSeller&scm=1007.13339.128609.0&scmid=1007.13339.128609.0&scm-url=1007.13339.128609.0&pvid=0c8213fab751-4b5e-b94a-37b805389eed
Pastilla humbucker	Shop5007267 Store en Aliexpress	https://www.aliexpress.com/item/32999798108.html?spm=a2q0o.detail.1000013.3.35935de3wNyR1d&qps-id=pcDetailBottomMoreThisSeller&scm=1007.13339.128609.0&scmid=1007.13339.128609.0&scm-url=1007.13339.128609.0&pvid=0c8213fab751-4b5e-b94a-37b805389eed
Puente tune-o-matic	Shenzhen Grand Exploits Technology Co., Ltd.	https://www.alibaba.com/product-detail/Chrome-T-O-Matic-TOM-Bridge_60430067700.html?spm=a2700.7724838.2017115.126.69fa105d1r5XBN
Alojamiento altavoces	T&T Industry (Shenzhen) Co., Ltd	https://www.alibaba.com/product-detail/2018-hot-sale-China-Factory-directly_50040874972.html?spm=a2700.7724838.2017115.1.7972b8199u6lGp&s=p
Altavoces	Shenzhen Zhongyihong Electronic Technology Co., Ltd.	https://www.alibaba.com/product-detail/Best-sound-smart-stereo-audio-systems_60692723800.html?spm=a2700.details.pronpeci14.2.e48540beYKhW5p
Batería	General Electronics Technology (Shenzhen) Co., Ltd.	https://www.alibaba.com/product-detail/wholesale-batteries-lithium-

		battery-18650-li_60744873100.html?spm=a2700.7724838.2017115.94.2a3e5318oMH8AR
PCB Receptor bluetooth	Quzhou Chuante Electronic Technology Co., Ltd.	https://www.alibaba.com/product-detail/battery-bluetooth-speaker-pcb_1615963386.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.33.6619374cyZl8FI&s=p
Conector USB C Hembra	Dongguan Ruixiang Precision Connector Co., Ltd.	https://www.alibaba.com/product-detail/Hot-products-16-Pin-Female-usb_62239169213.html?spm=a2700.7724838.2017115.1.71c31914xwklrS&s=p
Tapa frontal altavoces	T&T Industry (Shenzhen) Co., Ltd	https://www.alibaba.com/product-detail/2018-hot-sale-China-Factory-directly_50040874972.html?spm=a2700.7724838.2017115.1.7972b8199u6lGp&s=p
Rejilla	Tianjin Tiangang Guanye Co., Ltd.	https://www.alibaba.com/product-detail/Hot-rolled-ASTM-304-4-x_1928994209.html?spm=a2700.7724838.2017115.152.3cb25850WxS5MX
Tapa trasera altavoces	T&T Industry (Shenzhen) Co., Ltd	https://www.alibaba.com/product-detail/2018-hot-sale-China-Factory-directly_50040874972.html?spm=a2700.7724838.2017115.1.7972b8199u6lGp&s=p
Carcasa	T&T Industry (Shenzhen) Co., Ltd	https://www.alibaba.com/product-detail/2018-hot-sale-China-Factory-directly_50040874972.html?spm=a2700.7724838.2017115.1.7972b8199u6lGp&s=p

		Factory-directly 50040874972.html?spm=a2700.7724838.2017115.1.7972b8199u6lGp&s=p
Soporte móvil	Shenzhen LGYD Electronics Co., Ltd.	https://www.alibaba.com/product-detail/OEM-Dropshipping-PULUZ-Selfie-Sticks-Tripod_62455072980.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.2f03637188mkEs
Tornillos golpeador	Shenzhen Chengxingying Trading Co., Ltd.	https://www.alibaba.com/product-detail/50Pcs-Lots-Black-Electric-Guitar-Pickguard_60558230172.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.7b9ab8c97UTiSO
Tornillo soporte	Shenzhen Guantai Science And Technology Co., Ltd.	https://www.alibaba.com/product-detail/1-4-20-3-8-20_62018090463.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.6e0551dbMn9e4x

Tabla 1: Listado proveedores

3. Descripción de materiales y acabados.

En este apartado se van a describir todos los materiales que van a componer el producto. Por otro lado, se exponen los componentes comerciales que son necesarios para su ensamblaje o instalación. Los materiales principales que deben utilizarse para la fabricación del producto son los que se detallan en el siguiente listado:

3.1. Madera de fresno



Figura 1: Madera de fresno por Etayo Luthier

Características exigibles:

- Densidad aparente al 12% de humedad $0,69 \text{ kg/m}^3$
- Coeficiente de contracción volumétrico 0,45 %
- Relación entre contracciones 1,64% sin tendencia a atejar .
- Dureza (Chaláis-Meudon) 4,2 madera semidura.
- Color principalmente claro.
- Densidad de 640 kg/m^3
- Resistencia a flexión estática: 1130 kg/cm^2
- Módulo de elasticidad: 129.000 kg/cm^2
- Resistencia a la compresión: 510 Kg/cm^2
- Resistencia a la tracción paralela: 1450 Kg/cm^2

El material se adquirirá del proveedor en forma de tablero de 530x360x45mm del que se sacan dos piezas del cuerpo de la guitarra

3.2. Madera de arce americano



Figura 2: Madera de arce por Etayo Luthier

Aspecto:

- Aspecto uniforme, aunque si aparecen algunos dibujos suelen ser apreciados como elemento decorativo.
- Albura: blanco rojizo muy suave
- Duramen: Rojo pálido.
- Fibra: Recta, en ocasiones ondulada.
- Grano: Fino

Propiedades físicas de referencia de la madera de arce americano:

- Densidad aparente al 12% de humedad 705 kg/m³
- Madera semipesada.
- Coeficiente de contracción volumétrico 0,49 %
- Relación entre contracciones 2,06%
- Dureza (Chaláis-Meudon) 4,5.

Propiedades mecánicas de referencia de la madera de arce americano:

- Resistencia a flexión estática: 1090 kg/cm²
- Módulo de elasticidad: 126.000 kg/cm²
- Resistencia a la compresión: 540 Kg/cm²

3.3. PMMA:

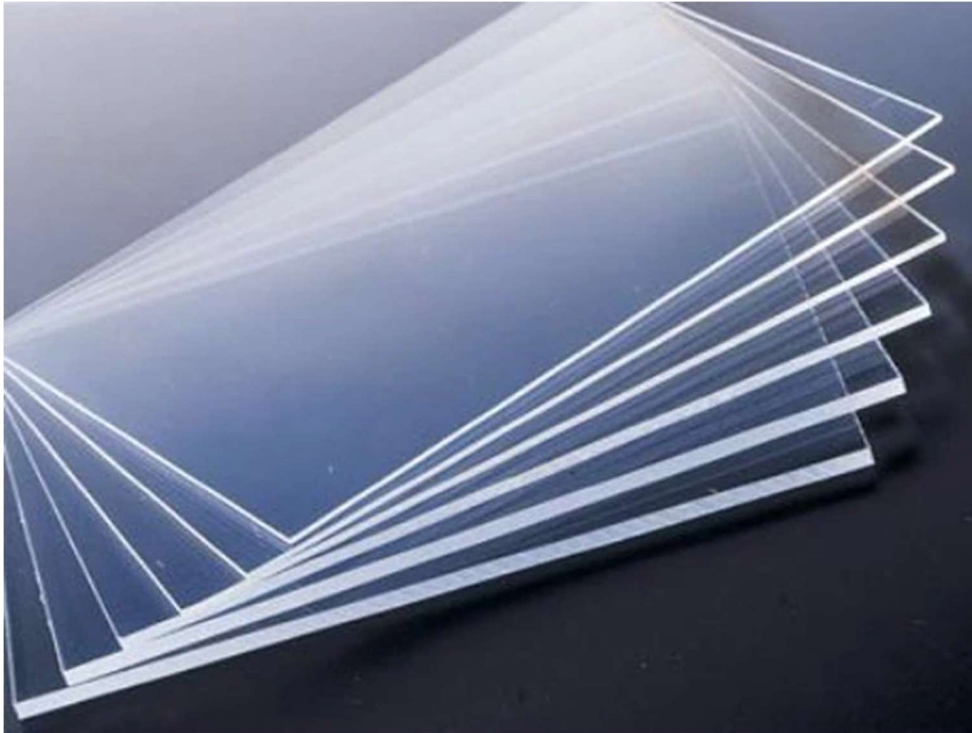


Figura 3: Láminas de PMMA por made-in-china.com

Pertenece a la categoría de los plásticos técnicos y su forma de comercialización más habitual es en forma de granza o láminas. Sus métodos de transformación más habituales son la extrusión, inyección, termoconformado o, menos comúnmente, el mecanizado. Su nombre comercial desde 1933 es Plexiglás.

Propiedades físicas de referencia del PMMA:

- Densidad: 1,16 – 1,22 g/cm³

Propiedades mecánicas de referencia del PMMA:

- Módulo elástico: 2,24-3,8 GPa
- Coeficiente de Poisson: 0,384 a 0,403.
- Dureza (Vickers): 16,1 a 21,9 HV.

Propiedades ópticas de referencia del PMMA:

- Índice de refracción de 1,49 a 1,56
- Que sea transparente alrededor del 93%
- Que resista a la exposición de rayos UV.

3.4. ABS



Figura 4: ABS en forma de granza por Airesa SLU

Propiedades de referencia del ABS:

- Densidad de 1,01 a 1,21 g/cm³

Propiedades mecánicas de referencia del ABS:

- Módulo elástico de 1,1 a 2,9 GPa
- Resistencia mecánica a la compresión de 31 a 86,2 MPa.
- Resistencia mecánica a la flexión de 47.8 a 76 MPa
- Resistencia mecánica a la tracción de 27,6 a 55,2 MPa
- Tenacidad a fractura (K_{Ic}): 1,19 a 4,29 MPa·m^{1/2}

Propiedades tecnológicas de referencia del ABS:

- Que tenga una alta soldabilidad

3.5. Richlite



Fig. 5: Láminas de Richlite, con y sin ranuras para los trastes por Balsam Banjoworks

Propiedades de referencia del Richlite:

- Composición aproximada un 65% de contenido de papel certificado FSC® y un 35% de resina fenólica.
- Que el color sea negro, lo más parecido posible al ébano
- Que tenga una estabilidad dimensional de un $\pm 4\%$
- Que resista temperaturas de hasta 180°C
- Densidad de $12,15 \text{ g/cm}^3$

5. Descripción de maquinaria y procesos

5.1. Maquinaria

Para transformar las piezas de madera será necesaria una fresadora que le dé la forma final, ésta será la **SmartShop® II SUV** (Figura 6)



Figura 6: SmartShop® II SUV por Laguna Tools

Según el fabricante, esta máquina tiene las siguientes características:

- Servos B&R y sistema de control
- Velocidad de corte de 25 m/min
- Velocidad de avance de 40 m/min
- Sistema de servoaccionamiento para X, Y, Z y A
- Permite la expansión para incluir volteador de 4 ejes
- Accionamiento de cremallera y piñón para los ejes X e Y, con husillo de bolas de precisión para el eje Z
- Cajas de engranajes planetarios industriales pesados Shimpo utilizados en los ejes X e Y.
- 25 años de soporte en componentes B+R
- Husillo HSD ISO30 de 12 HP con portaherramientas de 8 posiciones
- Mesa de Vacío Pod Ready de 6 zonas

Para la inyección de piezas de ABS se usará la inyectora SSF320-S de Shuansheng Machinery (Figura 7)



Figura 7: SSF320-S de Shuansheng Machinery

SSF320 Parameters					
Items	Parámetros	Unidad	SSF320		
Unidad de inyección	Diámetro del husillo	mm	A	B	C
			19	22	25
	Relación L/D del husillo	L/D	20.5	17.7	15.5
	Volumen de inyección(teórico)	Cm3	22.6	30	38
	Fuerza de inyección(PS)	g	20.6	27	34
		OZ	0.7	0.9	1.2
	Capacidad de plastificación	g/s	2	2.6	3.3

	Velocidad de inyección	g/s	19	25	32
	Presión de inyección	Mpa	248	185	143
	Velocidad del husillo	rpm	190		
Unidad de cierre	Fuerza de cierre	KN	320		
	Recorrido de placa de molde móvil	mm	155		
	Distancia entre columnas guía (W*H)	mm	245*195		
	Altura máx. de molde	mm	260		
	Altura mín. de molde	mm	80		
	Recorrido del eyector	mm	40		
	Fuerza del eyector	KN	13		
	Número de eyectores	PC	1		
	Diámetro del agujero del inyector	mm	55		
Otros	Presión máx. de bomba	Mpa	14		
	Potencia de motor de bomba	KW	3		
	Potencia de calentador	KW	2.6		
	Dimensión de máquina	m	2.80*0.86*1.35		
	Peso de la máquina	T	1		
	Capacidad de tanque de aceite	L	85		

Tabla 1: Características técnicas de la inyectora.

5.2. Procesos

En este apartado se van a enumerar los procesos que se utilizarán en la fabricación del producto que nos ocupa y estos son los siguientes:

5.2.1. Inyección de Plásticos:

El moldeo por inyección consiste en la introducción de un plástico en estado líquido dentro de un molde cerrado mientras a éste se le aplica una elevada presión y se espera a que la pieza se enfríe si el polímero es un termoplástico o que cure si es un termoestable.

El 60% de las máquinas de transformación de piezas plásticas son máquinas de inyección y pueden fabricarse piezas de unos cuantos miligramos hasta de 100 Kg.

Es un proceso totalmente automatizable que permite la utilización de las máquinas de forma continua y así amortizar la inversión en maquinaria en un plazo relativamente corto. La inyección utiliza herramientas y equipamiento muy caros, por lo que es sólo apropiada para grandes series de producción

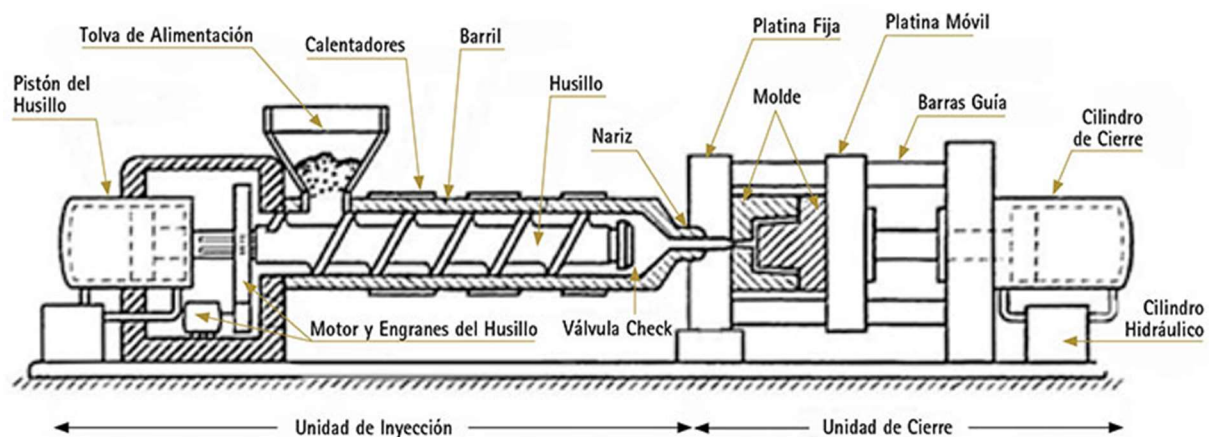


Figura 8: Máquina inyectora por tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

Etapas del proceso de inyección de plásticos:

1. Inyección: Fase en la que el polímero en estado líquido llena las cavidades del molde.
2. Enfriamiento: Fase en la que el polímero solidifica en la cavidad del molde bajo presión.
3. Recuperación: Se produce la apertura del molde y se extrae la pieza.

Peso específico (g/cm ³)	Coef. Conductividad térmica	Temperatura de inyección (°C)	Temperatura del molde (°C)	Temperatura a expulsión (°C)	Presión inyección (bar)
1,05	0,13	260	54	82	1000

Tabla 2: Consideraciones de diseño de inyección para ABS

5.2.2. Soldadura de plásticos mediante herramienta caliente:

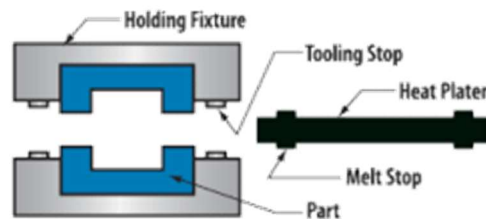


Figura 9: Partes del proceso de soldadura de plásticos mediante herramienta caliente por forwardtech.

La soldadura de plásticos mediante herramienta caliente es una técnica de soldadura térmica capaz de producir soldaduras fuertes y herméticas en piezas termoplásticas. Cuando se utiliza la energía térmica de manera estrictamente controlada, las piezas termoplásticas se calientan a temperaturas de fundición muy rápidamente y luego se unen.

Etapas del proceso

1. La herramienta caliente se introduce entre las dos mitades de la pieza a unir mediante una placa de precisión controlada por temperatura que consta de múltiples calentadores que distribuyen la temperatura uniformemente.
2. Las mitades de las piezas se colocan y sujetan de manera segura mediante elementos de sujeción de precisión que aseguran un amarre adecuado y una alineación precisa de las mitades de las piezas durante todo el proceso de soldadura con herramienta caliente.
3. Para calentar el área de unión de la parte, se coloca una herramienta calentada térmicamente entre las mitades de la parte. Los dispositivos de sujeción se cierran y comprimen y derretir las mitades de la pieza para soldar contra la platina, calentando el material solo en el área de la junta.
4. Después de que el área de la unión alcanza la temperatura de fusión, los dispositivos de sujeción se abren y se retira la platina térmica.

5. Los dispositivos de sujeción se cierran, soldando las dos partes.
6. Cuando se completa el enfriamiento, el mecanismo de agarre en uno de los dispositivos de sujeción libera la pieza, los dispositivos de sujeción se abren y la pieza terminada puede retirarse.

